

Geórgia Miranda Tomich

**EXERCÍCIOS RESPIRATÓRIOS APÓS GASTROPLASTIA: ANÁLISE DO
PADRÃO RESPIRATÓRIO E DO MOVIMENTO TORACOABDOMINAL**

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

2006

Geórgia Miranda Tomich

**EXERCÍCIOS RESPIRATÓRIOS APÓS GASTROPLASTIA: ANÁLISE DO
PADRÃO RESPIRATÓRIO E DO MOVIMENTO TORACOABDOMINAL**

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

Área de Concentração: Desempenho Funcional Humano.

Orientadora: Prof^a Dr^a Verônica Franco Parreira

Co-Orientador: Prof Dr Marco Túlio Costa Diniz

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

2006

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho...

*Aos meus pais **Jorge e Irene.**
Sou eternamente grata a vocês,
pela dedicação, pelos valores e princípios,
pelo apoio e incentivo de sempre.*

*Ao meu marido, **Bruno,**
sempre companheiro.
Obrigada pela compreensão,
pela paciência e pelo apoio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à Prof^a. Dr^a. Verônica Franco Parreira, pela orientação habilidosa e competente deste trabalho, pela atenção e compreensão dispensadas, pelos ensinamentos que ultrapassam os níveis acadêmico e profissional, pelo respeito e pela amizade durante o nosso tempo de convívio.

Agradeço ao Prof. Dr. Marco Túlio Costa Diniz, co-orientador deste trabalho, pela receptividade e interesse demonstrados e pelas colaborações.

Aos professores do Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação, pelas contribuições para o refinamento deste trabalho, pelos ensinamentos e pela participação no crescimento do meu conhecimento científico.

À Danielle Corrêa França, que me acompanhou durante o período de Mestrado, pela disponibilidade, pela importante e competente ajuda prestada em cada dia de convivência e pela amizade.

À Ana Carolina Máfia Diório, pelo interesse, pela ajuda e pela disponibilidade para realização das coletas de dados nos finais de semana.

À Ivana Mara de Oliveira, pelos momentos de convívio, pelo apoio e pela preciosa amizade que surgiu e cresceu durante o período do Mestrado.

À Profa. Tereza Cristina Silva Brant, parceira de Mestrado, pela convivência, pela amizade e pelas boas conversas.

Aos amigos do LabCare, que acompanharam este trabalho, pela disponibilidade e pelo convívio.

Aos colegas de Mestrado, pelas trocas de experiência e conhecimento.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação do Departamento de Fisioterapia, pela disponibilidade e ajuda.

Aos médicos Alexandre Savassi e Jander Toledo, pelo interesse demonstrado e por facilitar o contato com os pacientes.

Aos funcionários do Instituto Alfa do Hospital das Clínicas da UFMG, pela ajuda prestada no período de coleta de dados.

Aos pacientes que participaram voluntariamente deste estudo e sem os quais o mesmo não teria se concretizado.

Agradeço à minha família, irmãos, pelo apoio, e ao meu sobrinho e afilhado, Beto, pelos momentos de alegria e distração. À Dora, minha irmã, agradeço especialmente pela ajuda nas traduções e correções do inglês.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
Capítulo 1- INTRODUÇÃO	9
1.1- Objetivo do estudo.....	26
Capítulo 2- MATERIAIS E MÉTODOS	27
2.1- Tipo de estudo.....	27
2.2- Local de Realização.....	27
2.3- Amostra.....	27
2.3.1- Critérios de inclusão.....	27
2.3.2- Critérios de exclusão.....	27
2.4- Aspectos éticos.....	28
2.5- Instrumentação.....	28
2.5.1- Pletismografia respiratória por indutância.....	28
2.5.2- Espirometria de incentivo.....	32
2.5.3- Oximetria de pulso.....	33
2.5.4- Escala visual numerada.....	34
2.6- Procedimentos.....	35
2.6.1- Intervenções.....	36
2.6.1.1- Exercício diafragmático.....	36
2.6.1.2- Espirometria de incentivo.....	37
2.7- Aspectos estatísticos.....	39
2.7.1- Cálculo amostral.....	39
2.7.2- Análise estatística.....	39

Capítulo 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 41

**Capítulo 4- BREATHING EXERCISES FOLLOWING GASTROPLASTY:
ANALYSIS OF BREATHING PATTERN AND THORACOABDOMINAL
MOTION..... 51**

Capítulo 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 76

ANEXO I- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

ANEXO II- Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

RESUMO

Tomich, G.M. **Exercícios respiratórios após gastroplastia: análise do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal.** Belo Horizonte, UFMG, 2006.

Exercícios respiratórios baseados em inspirações profundas e lentas são freqüentemente utilizados na fisioterapia respiratória para tratamento de pacientes no período pós-operatório. O objetivo deste estudo foi avaliar o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal em indivíduos com obesidade após gastroplastia durante três exercícios respiratórios: exercício diafragmático (ED), espirometria de incentivo (EI) com um equipamento orientado a fluxo (*Triflo II*) e EI com um equipamento orientado a volume (*Voldyne*). Vinte e quatro indivíduos (18 mulheres, 6 homens), com idade de 37 ± 11 anos (média \pm desvio-padrão), com obesidade graus II e III, e índice de massa corporal de 44 ± 3 Kg/m² foram estudados no segundo dia pós-operatório. A pletismografia respiratória por indutância foi utilizada para medir os componentes de volume e tempo do padrão respiratório e o movimento toracoabdominal. As seguintes variáveis foram analisadas a cada ciclo respiratório: volume corrente (Vc), freqüência respiratória (FR), ventilação minuto (VE), tempo inspiratório (Ti), tempo expiratório (Te), tempo total do ciclo respiratório (Ttot), razão do tempo inspiratório pelo tempo total do ciclo respiratório (Ti/Ttot), fluxo inspiratório médio (Vc/Ti), contribuição da caixa torácica para o volume corrente (CT/Vc), relação de fase inspiratória (RFI), ângulo de fase (AF) e índice de trabalho respiratório. Para comparações entre período de respiração em repouso e períodos de exercícios respiratórios, utilizou-se a análise de variância para medidas repetidas seguidas por contrastes par a par, quando a distribuição dos dados foi normal, ou o teste *Friedman* com pós-teste *Wilcoxon*, quando a distribuição foi diferente de normal. O nível de significância α foi fixado em 0,05, com correções de *Bonferroni* para ajustar esse nível de acordo com o número de comparações realizadas. Nos resultados, as principais diferenças significativas observadas foram: nas comparações entre períodos de respiração em repouso e exercícios respiratórios, houve aumento no Vc e diminuição na FR durante todos os exercícios, com aumento em VE somente durante exercício com *Triflo II*. Houve aumento em Ti durante ED e *Voldyne*, em Te e Ttot durante todos os exercícios, e em Ti/Ttot somente durante exercício com *Voldyne*; nas comparações entre os exercícios, houve maior Vc durante EI em comparação com ED, menor FR durante exercício com *Voldyne* em comparação com *Triflo II*, e maior VE durante EI comparado com ED. Houve maior Ttot durante uso do *Voldyne* comparado ao *Triflo II*, e maior Vc/Ti durante *Triflo II* comparado com ED. As comparações entre repouso e exercícios não mostraram mudanças significativas na CT/Vc e no índice de trabalho respiratório. Considerando RFI e AF, variáveis de assincronia toracoabdominal, houve aumento em RFI durante ED e *Triflo II* e aumento em AF durante EI em comparação com repouso. As comparações entre exercícios com relação às variáveis de movimento toracoabdominal não mostraram diferenças significativas. Considerando as variáveis analisadas durante os exercícios respiratórios realizados por indivíduos com obesidade no pós-operatório de gastroplastia e os princípios fisiológicos dessas técnicas da fisioterapia respiratória baseadas em inspirações profundas e lentas, a melhor performance ocorreu durante o exercício com espirômetro de incentivo orientado a volume.

ABSTRACT

Tomich, G.M. **Breathing exercises following gastroplasty: analysis of breathing pattern and thoracoabdominal motion.** Belo Horizonte, UFMG, 2006.

Breathing exercises based on deep and slow inspirations are frequently used in chest physiotherapy for treatment of patients during post-operative period. The aim of this study was to evaluate breathing pattern and thoracoabdominal motion in subjects with obesity after gastroplasty during three breathing exercises: diaphragmatic breathing (DB), incentive spirometry (IS) with a flow-oriented device (Triflo II) and IS with a volume-oriented device (Voldyne). Twenty-four subjects (18 women, 6 men), aging 37 ± 11 years (mean \pm standard deviation), with obesity levels II and III, and body mass index of 44 ± 3 Kg/m² were studied on second post-operative day. Respiratory inductive plethysmography was used to measure volume and time components of breathing pattern and thoracoabdominal motion. The following variables were analyzed: tidal volume (Vt), respiratory frequency (f), minute ventilation (VE), inspiratory time (Ti), expiratory time (Te), respiratory total time (Ttot), inspiratory duty cycle (Ti/Ttot), mean inspiratory flow (Vc/Ti), rib cage contribution to Vt (RC/Vc), inspiratory phase relation (PhRIB), phase angle (PhAng) and labor breathing index. For comparisons between rest breathing (baseline) and breathing exercises periods, analysis of variance for repeated measures followed by pairwise comparisons was used, when data distribution was normal, or Friedman test followed by Wilcoxon, when distribution was not normal. Level of significance was set at 0.05, with Bonferroni corrections to adjust this level according to number of comparisons performed. The results showed the main significant differences: in the comparisons between baseline and breathing exercises periods there were an increase in Vt and a decrease in f during all exercises, with an increase in VE only during exercise with Triflo II. There was increase in Ti during DB and Voldyne, in Te and Ttot during all exercises, and in Ti/Ttot during exercise with Voldyne; in the comparisons between exercises, there were a higher Vt during IS compared to DB, a lower f during exercise with Voldyne compared to Triflo II and a higher VE during IS compared to DB. There were a higher Ttot during Voldyne compared to Triflo II and a higher Vt/Ti during Triflo II compared to DB. Comparisons between baseline and exercises did not showed significant changes in RC/Vt and labor breathing index. Considering PhRIB and PhAng, variables of thoracoabdominal asynchrony, there were an increase in PhRIB during DB and Triflo II and an increase in PhAng during IS compared to baseline. Comparisons between exercises with respect to thoracoabdominal motion showed no significant differences. Considering variables analyzed during breathing exercises performed by subjects with obesity following gastroplasty and physiologic principles of these techniques of chest physiotherapy based on deep and slow inspirations, best performance occurred during exercise with volume-oriented incentive spirometer.

Capítulo 1- INTRODUÇÃO

A fisioterapia respiratória faz parte do cuidado a pacientes no período pós-operatório de cirurgias abdominais e torácicas, e dispõe de uma variedade de recursos terapêuticos, incluindo exercícios respiratórios baseados em inspirações profundas e lentas, com o objetivo de prevenir e/ou tratar complicações pulmonares pós-operatórias^{1,2,3}. As complicações pulmonares são alterações clinicamente significativas da função pulmonar associadas ao período pós-operatório dessas cirurgias⁴, e constituem importante causa de morbidade e mortalidade nesse período^{5,6,7}, assim como do aumento do tempo de hospitalização^{8,9,10}.

A incidência de complicações pulmonares após cirurgias abdominais está em torno de 20%^{11,12}, apesar de que essa estimativa varia muito na literatura dependendo dos critérios usados para definir complicações pulmonares pós-operatórias e da população estudada^{8,11,13,14,12,9}. Vários fatores contribuem para a ocorrência de complicações no período pós-operatório, como: idade avançada, excesso de peso, tipo e duração da cirurgia, tamanho e local da incisão cirúrgica, tipo de anestesia, analgesia, dor, distensão abdominal^{4,8,15,5,16}.

As disfunções pulmonares no período pós-operatório são multifatoriais, havendo associação de alterações na mecânica respiratória, na hematose e no controle da respiração^{4,15,2,17}. Conseqüentemente, ocorre diminuição da complacência pulmonar, aumento do trabalho respiratório, hipoxemia e alterações no padrão respiratório⁴. A disfunção da mecânica pulmonar caracteriza-se por um padrão restritivo, com redução da capacidade inspiratória, da capacidade vital e da capacidade residual funcional; o paciente respira com um pequeno volume corrente e uma freqüência respiratória alta, sem inspirar profundamente. Esse padrão

respiratório superficial, resulta em uma instabilidade das unidades pulmonares alveolares, e, conseqüentemente, em provável colapso alveolar^{18,4,15}.

A disfunção diafragmática, associada principalmente a cirurgias abdominais altas, contribui para as alterações na função respiratória observadas no período pós-operatório^{19,20,21}. Dureil *et al*²⁰ relataram a ocorrência de disfunção diafragmática associada à redução do volume corrente e do movimento abdominal após cirurgia abdominal alta. A disfunção diafragmática contribui para uma diminuição de ventilação nas bases pulmonares, podendo estar associada à maior incidência de atelectasia nas regiões pulmonares dependentes^{19,20,21}.

A atelectasia, ou colapso alveolar, está entre as mais freqüentes complicações pulmonares pós-operatórias^{2,5,13,10}. Sabe-se que um dos fatores patogênicos que leva à atelectasia pulmonar é a alteração do mecanismo do suspiro, que resulta em um padrão respiratório superficial, com número de suspiros menor que o normal¹⁷. O suspiro é definido como uma inspiração involuntária, profunda e lenta, seguida por uma pausa pós-inspiratória^{22,17}. Em um estudo sobre o padrão respiratório em adultos saudáveis, Bendixen *et al*²², considerando suspiro como uma respiração com volume no mínimo três vezes maior que o volume corrente do indivíduo, observaram que o número de suspiros por hora foi $10,2 \pm 7,1$ (média \pm desvio-padrão) em mulheres, e $8,8 \pm 5,5$ em homens. A duração da pausa pós-inspiratória e o volume atingido durante o suspiro foram, respectivamente, de $5,5 \pm 2,3$ segundos e 1182 ± 454 ml em mulheres, e $4,3 \pm 0,9$ segundos e 1753 ± 471 ml em homens. Estima-se que os alvéolos se mantenham insuflados por 1 hora com dez suspiros por hora. A falta dessas respirações profundas pode levar à hipoxemia e ao colapso alveolar progressivos em 1 hora^{18,23}.

A prevenção de complicações pulmonares pós-operatórias na prática clínica era baseada, inicialmente, em: manobras expiratórias contra resistência realizadas por meio do uso de instrumentos como vaso-comunicantes (*blow-bottles*); respiração com pressão positiva intermitente; percussão e vibração; drenagem postural. A falta de dados relacionados à eficácia clínica dessas técnicas e, posteriormente, a constatação de possíveis complicações, como, por exemplo, hipercapnia e redução do volume pulmonar, incentivaram a investigação de uma solução alternativa ^{18,23,1,24,17}.

Nos anos 70, a inspiração máxima sustentada foi descrita como recurso terapêutico eficaz para expandir alvéolos parcialmente ou totalmente colapsados ^{18,23}. Essa proposta foi baseada no princípio de que o mecanismo da atelectasia estaria relacionado principalmente a uma diminuição de ventilação nas bases pulmonares decorrente de um padrão respiratório superficial durante o período pós-operatório ¹⁸.

A execução de inspirações profundas e lentas de forma voluntária imitando o mecanismo do suspiro ou bocejo leva a um aumento da pressão transpulmonar (calculada como a diferença entre pressão alveolar e pressão pleural). Esse aumento é causado pela diminuição da pressão pleural e mantido pela pausa pós-inspiratória, o que leva ao aumento da capacidade residual funcional, assegurando maior estabilidade alveolar, justificando-se, assim, sua aplicação na prevenção de complicações pulmonares pós-operatórias, principalmente atelectasia ^{18,23,17}. Westerdahl *et al* ²⁵, em um estudo sobre os efeitos imediatos de uma sessão de trinta inspirações profundas voluntárias no pós-operatório de cirurgia cardíaca, demonstraram que houve diminuição significativa da área de atelectasia pulmonar, principalmente na região basal, após uma sessão de exercícios respiratórios.

Inspirações profundas e lentas podem ser realizadas de forma terapêutica sem o auxílio de recursos instrumentais, sendo, nesse caso, a base de exercícios respiratórios como o exercício diafragmático. Por outro lado, podem ser usados recursos instrumentais como os espirômetros de incentivo, muito utilizados na prática clínica, constituindo-se, nesse caso, a técnica denominada espirometria de incentivo ¹.

O exercício diafragmático é uma forma de exercício respiratório terapêutico comumente usado na prática clínica. Nesse exercício, inspirações profundas e lentas são associadas à ênfase no movimento voluntário do compartimento abdominal para fora durante a inspiração com o objetivo de mover o diafragma caudalmente; espera-se, com isso, o aumento da ventilação nas bases pulmonares. Na prática clínica, é comum o uso do estímulo manual na região abdominal para direcionar e enfatizar o movimento dessa região durante o exercício respiratório quando há diminuição da ventilação nas bases pulmonares ²⁶.

Observa-se na literatura variações com relação à definição, descrição e às orientações para realização dos exercícios respiratórios baseados em inspirações profundas ^{27,28,29,30,31,26}. Gosselink ressaltou que a descrição do exercício diafragmático varia na literatura, sendo que usualmente o paciente é instruído a mover o abdômen e reduzir o movimento da caixa torácica durante a inspiração ²⁸. Considerando a literatura pesquisada, os autores mencionam exercícios baseados em inspirações profundas, sem, no entanto, elucidar a orientação para o movimento de um compartimento específico ^{11,13,16,32,33,34,25}. Na maior parte dos estudos publicados, foi investigada a eficácia desses exercícios na prevenção de complicações pulmonares pós-operatórias, e tais exercícios respiratórios foram

associados a outras formas de tratamento ^{35,36,37,38,11,39,40,34}, o que dificultou o delineamento dos seus efeitos ^{41,32,25}.

Apesar de estar presente em muitos procedimentos da fisioterapia respiratória, pouca atenção tem sido dispensada para a análise dos efeitos específicos e do mecanismo de ação do exercício diafragmático ²⁸. Roussos *et al* ²⁷ reportaram uma distribuição do gás inspirado preferencialmente nas regiões pulmonares dependentes durante o exercício diafragmático em comparação à respiração intercostal, a qual foi associada à distribuição do gás preferencialmente em zonas não dependentes.

Parte dos efeitos do exercício diafragmático parece estar relacionada a mudanças no padrão respiratório, o qual, por sua vez, pode ser influenciado por diferentes fatores, tais como: realização de cirurgias abdominais ou torácicas, presença de doença pulmonar crônica, e posição corporal. Shulman *et al* ²⁹ avaliaram o padrão respiratório na posição supina em oito mulheres e quatro homens no pós-operatório de colecistectomia laparoscópica durante respiração em repouso e realização do exercício diafragmático, denominado pelos autores de respiração abdominal supervisionada. Os autores observaram diminuição significativa do volume corrente e do deslocamento abdominal associada a aumento do movimento da caixa torácica durante a realização do exercício no pós-operatório em relação aos valores atingidos no pré-operatório. Gosselink *et al* ⁴² investigaram os efeitos do exercício diafragmático no movimento toracoabdominal e na sensação de dispnéia em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica e em indivíduos saudáveis; um dos efeitos observados foi o aumento da assincronia do movimento toracoabdominal durante o exercício diafragmático nos pacientes. Em um estudo realizado por Feltrim ⁴³, a configuração toracoabdominal e o volume corrente foram

analisados durante a realização de exercícios respiratórios terapêuticos em indivíduos saudáveis nas posições assentada, decúbito dorsal e decúbito lateral. Foi observado maior deslocamento abdominal durante a realização do exercício diafragmático em comparação ao exercício denominado costal basal em todas as posições.

Olsen *et al*³² estudaram, por meio da pletismografia corporal, os efeitos de exercícios baseados em inspirações profundas sem resistência e com resistência na inspiração e/ou na expiração no padrão respiratório de 21 adultos saudáveis não obesos (média de idade de 31 anos) e 21 obesos mórbidos (média de idade de 32 anos). Todos os indivíduos realizaram, na posição assentada, três diferentes exercícios respiratórios: inspirações profundas sem resistência, exercício com pressão expiratória de aproximadamente +15 cmH₂O, e exercício associando inspiração com pressão de -10 cmH₂O e expiração com pressão de aproximadamente +15 cmH₂O. O exercício baseado em inspirações profundas sem resistência modificou o padrão respiratório em relação à respiração em repouso em ambos os grupos. Nos indivíduos obesos, as seguintes mudanças significativas foram observadas: aumento do volume corrente, diminuição da frequência respiratória, aumento da ventilação alveolar, aumento da capacidade residual funcional, aumento do tempo inspiratório e da razão do tempo inspiratório pelo tempo total do ciclo respiratório. Em comparação aos outros exercícios respiratórios avaliados, o exercício baseado em inspirações profundas sem resistência promoveu aumentos significativos em componentes de volume e tempo do padrão respiratório – volume corrente, ventilação alveolar, fluxo inspiratório médio, tempo inspiratório, razão do tempo inspiratório pelo tempo total da respiração.

A espirometria de incentivo é uma técnica da fisioterapia respiratória utilizada desde a década de 70, quando Bartlett *et al*¹⁸ desenvolveram e descreveram o primeiro espirômetro de incentivo, denominado *Bartlett-Edwards*, com o intuito de assegurar que o paciente realizasse inspirações profundas, lentas e sustentadas, incentivados por *feedback* visual e registro do número de vezes em que o volume esperado era atingido^{18,23}. Desde então, os espirômetros de incentivo tornaram-se mais populares, existindo atualmente aparelhos de diferentes marcas disponíveis no mercado, orientados de acordo com um volume a ser atingido na inspiração ou fluxo inspiratório. O índice de uso da espirometria de incentivo foi relatado, em 1985, por 95% dos hospitais dos Estados Unidos da América nos quais cirurgias abdominais e cardíacas eram realizadas⁴⁴ e, em 1986 e 1998, por 44% e 71%, respectivamente, dos hospitais do Reino Unido nos quais cirurgias cardíacas eram realizadas^{45,46}.

Vários estudos foram realizados para avaliar a eficácia da espirometria de incentivo ou compará-la a outras formas de tratamento na profilaxia de complicações pulmonares pós-operatórias^{8,36,47,48,37,38,11,49,13,39,6}. Alguns autores descreveram resultados que demonstraram a eficácia da espirometria de incentivo^{8,13}, enquanto outros não observaram diferenças quando a espirometria de incentivo foi comparada a outras técnicas de fisioterapia respiratória^{36,47,48,37,38,49,11,39,6}.

Diante das controvérsias existentes na literatura, Thomas & McIntosh⁴¹ realizaram uma revisão sistemática com metanálise sobre a efetividade da espirometria de incentivo, da respiração com pressão positiva intermitente e de exercício baseado em inspirações profundas sem recurso instrumental na prevenção de complicações pulmonares após cirurgia abdominal alta. A espirometria de incentivo e o exercício de inspirações profundas realizado sem recurso foram considerados mais efetivos do que a ausência de fisioterapia, devendo ser

recomendados, segundo os autores, para prevenção de atelectasia e pneumonia após cirurgia abdominal alta. Um questionamento foi levantado, no entanto, considerando as falhas metodológicas existentes nos estudos analisados. Segundo Dean ⁴¹, em um comentário sobre o estudo de Thomas & McIntosh, uma metanálise baseada em estudos com falhas metodológicas não pode ser conclusiva em relação a resultados conflitantes da literatura.

Overend *et al* ⁷, em uma revisão sistemática sobre o efeito da espirometria de incentivo nas complicações pulmonares pós-operatórias, concluíram que não há evidência que sustente o uso da técnica para diminuir a incidência de complicações pulmonares após cirurgias abdominais altas ou cardíacas; os autores ressaltaram, no entanto, que houve muitas diferenças metodológicas entre os estudos analisados, e isso pode ter concorrido para o aparecimento das controvérsias.

Recentemente, Pasquina *et al* ⁵⁰ realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de determinar se a fisioterapia respiratória previne complicações pulmonares após cirurgia cardíaca e qual seria a melhor forma de tratamento. Espirometria de incentivo e exercício de inspirações profundas sem recurso instrumental estavam entre as formas de tratamento analisadas. Não foram encontradas evidências sobre qual forma de fisioterapia previne complicações pulmonares após cirurgia cardíaca. Como nas revisões sistemáticas citadas anteriormente, foram ressaltadas pelos autores as limitações dos estudos analisados, como ausência de um critério para definição de complicações pulmonares pós-operatórias, seleção inadequada da amostra do estudo, falhas na aplicação dos tratamentos, ausência de controle de co-intervenções, ausência de dados sobre adesão ao tratamento, medidas inadequadas dos desfechos de interesse e análise estatística inadequada.

A comparação entre a eficácia de exercício de inspirações profundas sem o uso de recurso instrumental e da espirometria de incentivo na prevenção de complicações pulmonares pós-operatórias foi realizada em dois experimentos clínicos controlados e randomizados. Jenkins *et al*⁴⁸ realizaram um estudo com uma amostra de 110 homens randomizados em três grupos, e relataram que o acréscimo de exercício de inspirações profundas sem recurso instrumental ou da espirometria de incentivo à fisioterapia respiratória convencional - mobilização precoce, *huffing* e tosse - não causou diferença significativa na melhora da função pulmonar e na prevenção de infecção pulmonar após cirurgia cardíaca em comparação ao grupo de pacientes tratados somente com fisioterapia respiratória convencional.

Celli *et al*⁸ realizaram um estudo com 172 pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal. As três formas de tratamento avaliadas - respiração com pressão positiva intermitente, espirometria de incentivo e exercício de inspirações profundas sem recurso instrumental - diminuíram significativamente a incidência de complicações pulmonares após cirurgias abdominais alta e baixa, em relação ao grupo controle sem tratamento, sendo a eficácia equivalente entre os grupos que receberam tratamento. Os autores citaram como desvantagens da terapia utilizando respiração com pressão positiva intermitente: a ocorrência de efeitos colaterais, e o custo mais alto com equipamento em relação às outras formas de tratamento. A análise do subgrupo de pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta mostrou que somente a espirometria de incentivo levou à redução significativa do tempo de hospitalização quando comparada à ausência de tratamento. Levando em consideração os resultados desse estudo e dadas as implicações econômicas de cada forma de tratamento, os autores apontaram a necessidade de mais estudos que comparassem espirometria de incentivo e exercício de inspirações profundas

sem recurso instrumental para avaliar, entre outros fatores, a relação custo-eficácia dessas formas de fisioterapia respiratória.

Hall *et al*²⁴ avaliaram, no pós-operatório de cirurgia abdominal, a relação custo-eficácia da espirometria de incentivo e da fisioterapia respiratória convencional, definida, nesse estudo, como a associação de exercício de inspirações profundas, tosse, *huffing*, posicionamento e deambulação precoce. Os resultados do estudo mostraram melhor relação custo-eficácia quando cada espirômetro de incentivo foi utilizado mais de 2,3 vezes, com tempo de instrução de 15 minutos por paciente. Posteriormente, em um estudo com pacientes no pós-operatório de laparotomia, esses autores concluíram os regimes terapêuticos mais eficazes na redução de complicações pulmonares após cirurgia abdominal para pacientes com baixo e alto risco cirúrgico foram, respectivamente, exercício de inspirações profundas sem recurso instrumental e espirometria de incentivo, o que poderia implicar em tratamentos com custo diferenciado para pacientes com baixo ou alto risco de complicações pulmonares pós-operatórias¹³.

Poucos estudos avaliaram os efeitos específicos da espirometria de incentivo no pós-operatório^{21,51} ou o possível impacto do uso de diferentes espirômetros de incentivo na eficácia terapêutica^{52,53,54,55}. Chuter *et al*²¹ demonstraram que houve aumento significativo do volume corrente, mas não houve aumento da contribuição do movimento abdominal para o volume corrente durante a espirometria de incentivo, em relação à respiração em repouso no pós-operatório de colecistectomia. Melendez *et al*⁵¹ avaliaram o padrão respiratório no pós-operatório de toracotomia e observaram que o aumento do volume corrente durante a realização da espirometria de incentivo foi decorrente principalmente do aumento do movimento do compartimento torácico.

Recentemente, realizamos dois estudos relacionados à avaliação da configuração toracoabdominal e do volume corrente durante o uso de espirômetros de incentivo em adultos jovens saudáveis e não-fumantes^{54,55}. Primeiramente, foram avaliados quatro diferentes espirômetros de incentivo, dois a volume e dois a fluxo, e os resultados mostraram que houve um deslocamento abdominal significativamente maior durante o uso de espirômetros de incentivo a volume quando comparados com espirômetros a fluxo⁵⁴. Esses resultados podem ser relacionados com estudos prévios que demonstraram um maior trabalho respiratório durante o uso de espirômetros de incentivo orientados a fluxo em modelo de pulmão⁵² e em pacientes no pós-operatório de cirurgias abdominal e torácica⁵³. Posteriormente, foi avaliada a influência da posição corporal durante o uso de dois espirômetros, um a volume e outro a fluxo. Observou-se diferença significativa na configuração toracoabdominal entre as inclinações de 30° e 45° com o uso do espirômetro a volume, sendo a contribuição abdominal significativamente maior a 30°⁵⁴. Esses resultados foram semelhantes aos relatados por Melendez *et al*⁵¹, que observaram maior movimento abdominal a 30° em relação a 60° durante a realização da espirometria de incentivo por pacientes submetidos a toracotomia. Um movimento abdominal maior reflete, *a priori*, maior movimentação diafragmática e pode ser considerado um importante resultado, já que a espirometria de incentivo é indicada para prevenção de atelectasia, que atingem principalmente as bases pulmonares^{20,25}.

O efeito terapêutico e a performance durante a realização de exercícios baseados em inspirações profundas no período pós-operatório podem ser influenciados por diferentes fatores, associados à cirurgia ou ao paciente. Sabe-se que cirurgia abdominal alta – com incisão supra-umbilical - tem maior impacto na

função respiratória, principalmente na função diafragmática, com relação à cirurgia abdominal baixa – com incisão infra-umbilical - ^{20,56,12}, e isso pode refletir em uma limitação para realização de tais exercícios.

Olsen *et al* ¹⁶ avaliaram os efeitos da fisioterapia respiratória no pós-operatório de cirurgia abdominal em 368 pacientes, randomizados entre grupos tratamento e controle. Os pacientes do grupo tratamento receberam instruções no período pré-operatório relativas à prática de exercícios respiratórios, tosse e *huffing*, posicionamento e deambulação precoce. Dentre os pacientes do grupo tratamento, 23% apresentavam alto risco para complicações pulmonares, e foram orientados, adicionalmente, a realizar exercícios com pressão positiva na expiração no pós-operatório. Os pacientes do grupo controle não receberam informações no pré-operatório, e no pós-operatório, o tratamento foi instituído somente nos pacientes com diagnóstico de complicação pulmonar. Houve diferença significativa na incidência de complicações pulmonares pós-operatórias entre os grupos: 6% no grupo tratamento contra 27% no grupo controle ($p < 0,001$). Considerando somente os pacientes com alto ou baixo risco para complicações pulmonares pós-operatórias, a diferença entre grupos tratamento e controle persistiu: 15% *versus* 51% ($p < 0,001$), e 3% *versus* 21% ($p < 0,001$), respectivamente.

Olsen *et al* ¹⁶, no estudo citado acima, observaram que os pacientes obesos (com índice de massa corporal acima de 30 Kg/m^2), apresentaram alta incidência de complicações pulmonares pós-operatórias: 8% no grupo tratamento e 56% no grupo controle. O fator de redução da incidência de complicações pulmonares pós-operatórias foi 4,5 nos pacientes em geral, 3,4 nos pacientes com alto risco para complicações pulmonares pós-operatórias e 7,0 nos pacientes obesos. No início do estudo, os autores haviam incluído, por definição, pacientes obesos com idade

inferior a 50 anos no subgrupo de pacientes com baixo risco para complicações pulmonares. Diante dos resultados do estudo, em que mesmo os obesos com idade inferior a 50 anos tiveram maior incidência de complicações pulmonares em comparação aos pacientes não obesos, os autores concluíram que a obesidade deve ser considerada, independentemente da idade, um importante fator de risco para complicações pulmonares pós-operatórias, e que houve um benefício adicional da fisioterapia respiratória nesses pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal.

A obesidade é uma doença crônica que afeta um número cada vez maior de indivíduos em todo o mundo. A prevalência de obesidade aumentou nas últimas décadas, inclusive em países em desenvolvimento, o que levou a doença à condição de epidemia global ^{57,58,59,60}. No Brasil, a prevalência aumentou consideravelmente nos últimos anos, sobretudo em mulheres; entre o início da década de 70 e final da década de 80, houve incremento de 53% na prevalência de indivíduos com sobrepeso e obesidade, considerando todas as classes sociais ⁵⁹.

A obesidade é definida como excesso de gordura corporal associada a prejuízos à saúde. Tanto o nível individual quanto o coletivo são afetados, a morbimortalidade aumenta significativamente, sendo a obesidade, atualmente, considerada um grave problema de saúde pública ^{57,58,59}.

O excesso de gordura corporal pode ser medido com acurácia por meio de técnicas sofisticadas, dentre as quais a impedância bioelétrica ⁶¹. Na prática clínica, porém, utiliza-se uma medida de mais fácil acesso e menor custo: o índice de massa corporal (IMC) ^{58,59,62}. O IMC é calculado pela divisão do peso de determinado indivíduo por sua altura ao quadrado (Kg/m^2) ^{57,58,59}.

A Organização Mundial da Saúde ⁵⁷, em 1997, e o *National Institutes of Health / United States of America* ⁵⁸, em 1998, adotaram o IMC para classificar os

graus de obesidade. Indivíduos com IMC de 25 a 29,9 Kg/m² são classificados como sobrepeso. O diagnóstico de obesidade é feito nos indivíduos com IMC igual ou superior a 30 Kg/m². A obesidade pode ser classificada em três níveis: grau I (IMC de 30 a 34,9 Kg/m²), II (IMC de 35 a 39,9 Kg/m²) e III (IMC igual ou superior a 40 Kg/m²). O grau III corresponde à obesidade mórbida.

O tratamento da obesidade é multidisciplinar. As terapias conservadoras baseadas em mudanças dietéticas e comportamentais, coadjuvadas por medicamentos, são difíceis de serem introduzidas e mantidas, com resultados insatisfatórios a longo prazo ⁶³. O tratamento cirúrgico para promoção da perda de peso - cirurgia bariátrica - tem sido realizado há 50 anos e atua de forma a restringir a ingestão de alimentos e/ou reduzir a área de absorção dos alimentos ^{64,62}.

A cirurgia bariátrica é indicada nos seguintes casos: IMC igual ou acima de 40 Kg/m² ou no mínimo 45 kg acima do peso ideal, especialmente na presença de comorbidades; IMC igual ou superior a 35 Kg/m² com presença de co-morbidades graves; insucesso no tratamento clínico bem conduzido; peso estável há aproximadamente 3 anos; consciência plena sobre o procedimento; avaliação psicológica favorável; possibilidade de manter o seguimento pós-operatório. Existem contra-indicações relativas, dentre as quais: abuso de álcool e drogas; distúrbios psíquicos; extremos de idade ⁶⁵.

Várias técnicas cirúrgicas de tratamento da obesidade foram descritas nas últimas décadas ⁶⁶. Entre as técnicas mais freqüentemente utilizadas, o *bypass* gástrico é considerado o procedimento de escolha para o tratamento cirúrgico da obesidade em muitos centros ^{60,66}. A gastroplastia vertical associada a gastrojejunostomia em Y de *Roux*, ou Cirurgia de Capella (FIG. 1), é um dos tipos de *bypass* gástrico ^{67,68}.

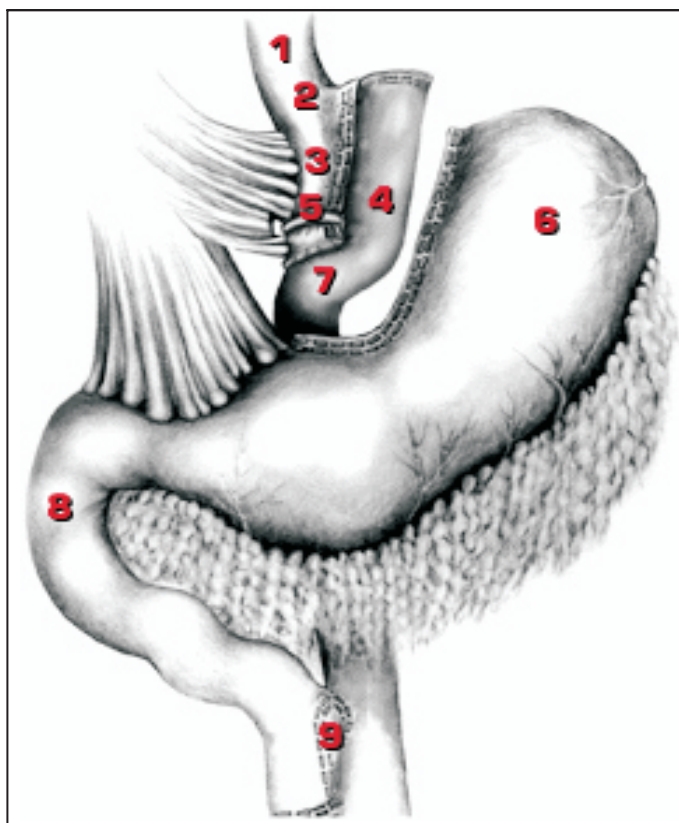


FIGURA 1 - Ilustração esquemática sobre a técnica de cirurgia bariátrica descrita por Capella ⁶⁷.

1) esôfago; 2) junção esôfago-gástrica; 3) reservatório gástrico ou neo-estômago; 4) intestino interposto entre o reservatório e o estômago excluído; 5) anel de contenção; 6) estômago excluído; 7) anastomose entre reservatório gástrico e o intestino; 8) duodeno; 9) anastomose jejuno-jejunal.

Fonte: <http://www.gastroweb.com.br/obesi.htm>

A cirurgia de Capella é do tipo misto, ou seja, associa redução da capacidade gástrica (caráter restritivo) e diminuição da superfície de absorção do intestino delgado (caráter disabsortivo). Essa técnica cirúrgica consiste na criação de um pequeno reservatório gástrico de 30 a 50 ml, que corresponde a 5% a 10% do estômago. A parte distal dessa bolsa é circundada por um anel de contenção de

silicone cuja função é evitar a dilatação da anastomose gastro-jejunal e regular o esvaziamento gástrico de sólidos. O restante do estômago fica excluído do trânsito alimentar. A reconstituição do trânsito gastrointestinal se faz com uma alça de jejuno em Y de *Roux*, de aproximadamente 100 cm de comprimento, o que confere caráter disabsortivo a essa técnica. O procedimento cirúrgico descrito acima pode ser realizado por laparotomia (via convencional) ou laparoscopia. A incisão cirúrgica na laparotomia é supra-umbilical, vertical e mediana, e sua extensão depende do tipo de abdômen, variando mais freqüentemente entre 10 e 20 cm ⁶⁸.

A obesidade mórbida constitui uma doença complexa e multifatorial, associada a uma série de co-morbidades que atingem praticamente todos os sistemas orgânicos ⁶². Dentre as co-morbidades associadas à obesidade mórbida, pode-se citar: osteoartrite, hipertensão arterial, refluxo gastresofágico, incontinência urinária de estresse, depressão, dislipidemia, diabetes mellitus, hiperinsulinemia, insuficiência cardíaca ⁶⁹, dentre outras.

Além das co-morbidades citadas, a obesidade pode alterar profundamente o sistema respiratório. Ocorrem alterações na mecânica respiratória, na força e na resistência dos músculos respiratórios, na hematose e no controle da respiração ^{70,71,72}. Os valores obtidos no teste de função pulmonar estão freqüentemente alterados. A capacidade residual funcional encontra-se reduzida, tanto pela redução do volume de reserva expiratória como pela redução do volume residual, o que sugere um comprometimento restritivo nesses indivíduos ^{73,74,75,76,77,78}. Dispnéia e intolerância ao esforço são queixas comuns, estando a tolerância ao exercício diminuída ⁷¹. Asma, apnéia do sono e síndrome da hipoventilação da obesidade estão entre as co-morbidades associadas à obesidade mórbida que atingem o sistema respiratório ^{70,69}. Associado às disfunções respiratórias, indivíduos obesos

apresentam risco aumentado de desenvolver complicações pulmonares no período pós-operatório ^{16,79}.

Diante da importância das complicações pulmonares pós-operatórias no quadro clínico do paciente, e da sua influência na morbidade e na mortalidade no período pós-operatório de cirurgias torácicas e abdominais, existem numerosas investigações clínicas a respeito do seu mecanismo e tratamento, mas não há um consenso terapêutico específico universalmente aceito. Apesar de haver um grande número de recursos terapêuticos descritos, nenhum método isolado tem sido aceito como tratamento de escolha ^{2,41,7}. Na prática clínica, técnicas ou instrumentos que encorajam o paciente a inspirar profunda e lentamente têm importância clínica e são largamente usados.

Até a presente data, a maior parte dos estudos sobre recursos terapêuticos utilizados para expansão pulmonar no período pós-operatório abordou questões relacionadas à eficácia desses recursos na prevenção de complicações pulmonares, mas os efeitos específicos de cada recurso não foram totalmente estabelecidos. Em poucos estudos comparou-se a execução de inspirações profundas e lentas realizadas sem e com recurso instrumental e, considerando a literatura pesquisada, essa comparação não foi realizada em indivíduos obesos. A comparação do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal durante realização do exercício diafragmático e da espirometria de incentivo pode contribuir para uma melhor compreensão dos efeitos específicos dessas formas de se realizar inspirações profundas e lentas. A comparação entre técnicas com o mesmo princípio fisiológico e diferentes formas de execução, pode contribuir para que o fisioterapeuta possa fazer uma opção terapêutica baseada em elementos científicos.

1.1- Objetivo do estudo

O objetivo deste estudo foi avaliar o padrão respiratório - variáveis de volume e de tempo da ventilação pulmonar - e o movimento toracoabdominal em indivíduos obesos no período pós-operatório de gastroplastia durante três diferentes exercícios respiratórios: exercício diafragmático, espirometria de incentivo com um equipamento orientado a fluxo e espirometria de incentivo com um equipamento orientado a volume. Secundariamente, a saturação periférica da hemoglobina em oxigênio foi avaliada antes e após cada exercício respiratório.

Capítulo 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Tipo de estudo

Quase-experimental com medidas repetidas.

2.2- Local de realização

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

2.3- Amostra

Os participantes do estudo foram selecionados entre indivíduos com obesidade encaminhados ao HC / UFMG para realização de cirurgia bariátrica, a partir dos seguintes critérios:

2.3.1- Critérios de inclusão

Ter sido submetido à cirurgia bariátrica por laparotomia, por meio da técnica denominada gastroplastia vertical associada a gastrojejunostomia em “Y” de Roux (Técnica de Capella). Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I)¹.

2.3.2- Critérios de exclusão

¹ O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi aprovado como componente de um projeto de pesquisa mais amplo, no qual estavam previstas avaliações nos períodos pré e pós-operatório de gastroplastia.

Ser incapaz de compreender e/ou realizar os procedimentos. Apresentar intensidade da dor acima do nível 5 em uma escala visual numerada de 0 a 10.

2.4- Aspectos éticos

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (Parecer ETIC nº 528/04, Belo Horizonte / MG, 30 de março de 2005 – ANEXO II). Os participantes do estudo foram informados e instruídos quanto aos procedimentos, sendo que esses somente foram realizados após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.5- Instrumentação

2.5.1- Pletismografia respiratória por indutância

O sistema de pletismografia respiratória por indutância (*Respirace® 204, NIMS, Miami, FL, USA – FIG. 2A*) foi utilizado para monitorar os componentes de volume e tempo da ventilação pulmonar e o movimento toracoabdominal durante repouso e durante a realização dos exercícios respiratórios.

Esse sistema é um método indireto e não invasivo de medir a ventilação pulmonar, e que requer pouco esforço por parte do sujeito. É baseado no princípio descrito por Konno & Mead⁸⁰, segundo o qual, na ausência de fluxo, o sistema respiratório tem um grau de liberdade, de tal modo que qualquer volume deslocado pelo tórax influencia o abdômen e vice-versa. Assim, o volume final corresponde à soma das mudanças de volume dos compartimentos caixa torácica e abdômen. O movimento de cada compartimento é associado a um movimento único e variável, que pode ser medido por sensores externos^{80,81}.

A literatura apresenta estudos em que foi avaliada a acurácia da pletismografia em diferentes condições, como repouso ou exercício^{82,83}, assim como quando esse método foi utilizado para avaliação do padrão respiratório de indivíduos de idades variadas^{84,85}, em condições de saúde⁸⁶ e doença^{87,88}, durante o repouso ou exercício^{89,90}, em ventilação espontânea ou artificial^{91,92,93}.

As medidas da pletismografia respiratória por indutância são baseadas em mudanças na área de secção transversa captadas por duas faixas de indutância⁹⁴ (FIG. 2B). Cada faixa é composta por duas partes elásticas finas e aderidas que envolvem um fio transdutor disposto de forma sinusoidal.



FIGURA 2 – (A) Aparelho usado na pletismografia respiratória por indutância (*Respirance®*, NIMS, Miami, FL, USA). (B) Faixas de indutância usadas para registro das variáveis por meio da pletismografia respiratória por indutância.

Uma das faixas é posicionada na região da axila, e a outra na linha média entre a borda inferior da caixa torácica e a borda superior das cristas ilíacas, local que normalmente corresponde à linha umbilical; em indivíduos obesos, porém, que

apresentam protusão abdominal importante, nem sempre existe essa correspondência. As faixas são levemente esticadas em torno do indivíduo para assegurar um ajuste firme e minimizar a distorção do sinal, sem, no entanto, limitar o movimento ou causar desconforto ⁸⁵. Para aquisição dos dados, as faixas são conectadas por meio de cabos ao equipamento, que fornece três curvas, sendo uma correspondente ao deslocamento da caixa torácica, uma do abdômen e outra que corresponde à soma dos sinais dos compartimentos torácico e abdominal (FIG. 3). Os transdutores das faixas detectam a variação na área de secção transversa decorrentes dos movimentos da caixa torácica e do abdômen.

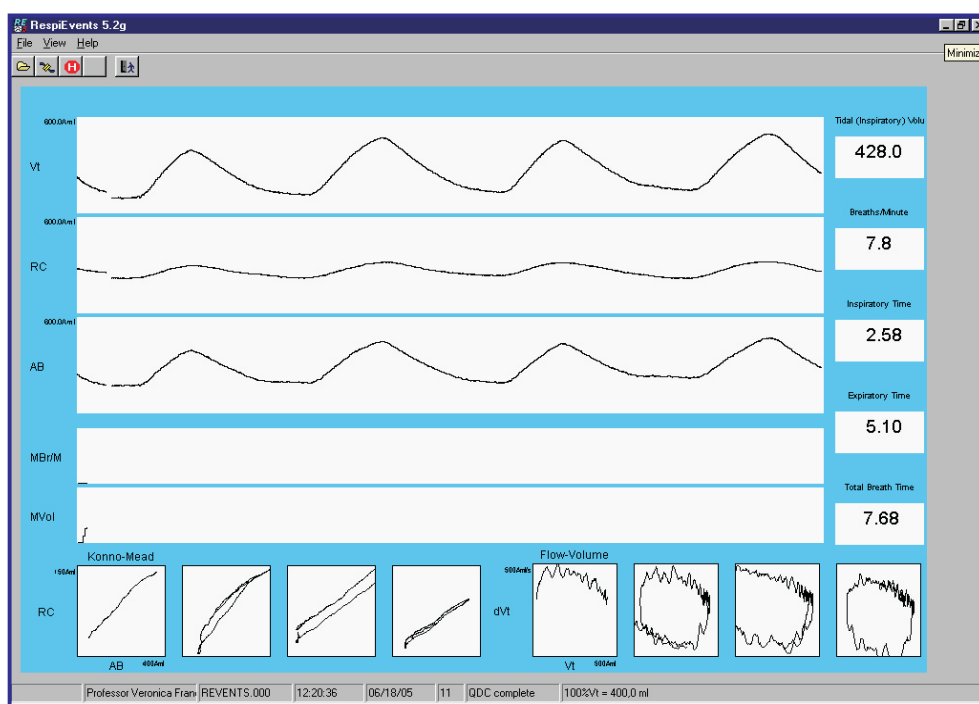


FIGURA 3 – Exemplo de traçado obtido durante o registro dos dados por meio da pletismografia respiratória por indutância. As siglas *Vt*, *RC* e *AB*, em inglês, correspondem, respectivamente, a *tidal volume* (volume corrente), *rib cage* (caixa torácica) e *abdomen* (abdômen). O traçado superior (*Vt*) corresponde à soma dos sinais provenientes da caixa torácica e do abdômen.

O procedimento de calibração pode ser realizado por meio de um sistema de aquisição digital (*RespiEvents 5.2, NIMS, Miami, FL, USA*). Durante cinco minutos, ocorre a calibração relativa, um procedimento específico (*Qualitative Diagnostic Calibration*)⁹⁵ que permite o equilíbrio dos ganhos elétricos dos canais relativos à caixa torácica e ao abdômen. Tal sistema de aquisição digital possibilita que os sinais da caixa torácica, do abdômen e a soma dos dois sejam visualizados em tempo real (FIG. 3) e gravados em um computador⁸⁹. Os registros dos movimentos respiratórios em forma de onda são convertidos em arquivos de dados, que podem ser importados para uma planilha na qual dados numéricos correspondem às variáveis medidas a cada ciclo respiratório.

As seguintes variáveis dependentes foram medidas por meio da pletismografia respiratória por indutância a cada ciclo respiratório: volume corrente, frequência respiratória, ventilação minuto, tempo inspiratório, tempo expiratório, tempo total do ciclo respiratório, razão do tempo inspiratório pelo tempo total do ciclo respiratório, fluxo inspiratório médio, contribuição da caixa torácica para o volume corrente, relação de fase inspiratória, ângulo de fase e índice de trabalho respiratório. As primeiras oito variáveis citadas foram consideradas componentes do padrão respiratório, e as quatro últimas componentes do movimento toracoabdominal.

A relação de fase inspiratória é calculada a cada ciclo durante a fase inspiratória verificando a concordância ou discordância nos sinais derivados dos compartimentos torácico e abdominal; quando ambos os compartimentos se movem na mesma direção ao longo da fase inspiratória, um valor de 0% é computado, e quando os compartimentos se movem em direções opostas, um valor de 100% é computado⁹³. O ângulo de fase reflete o grau de assincronia toracoabdominal e é

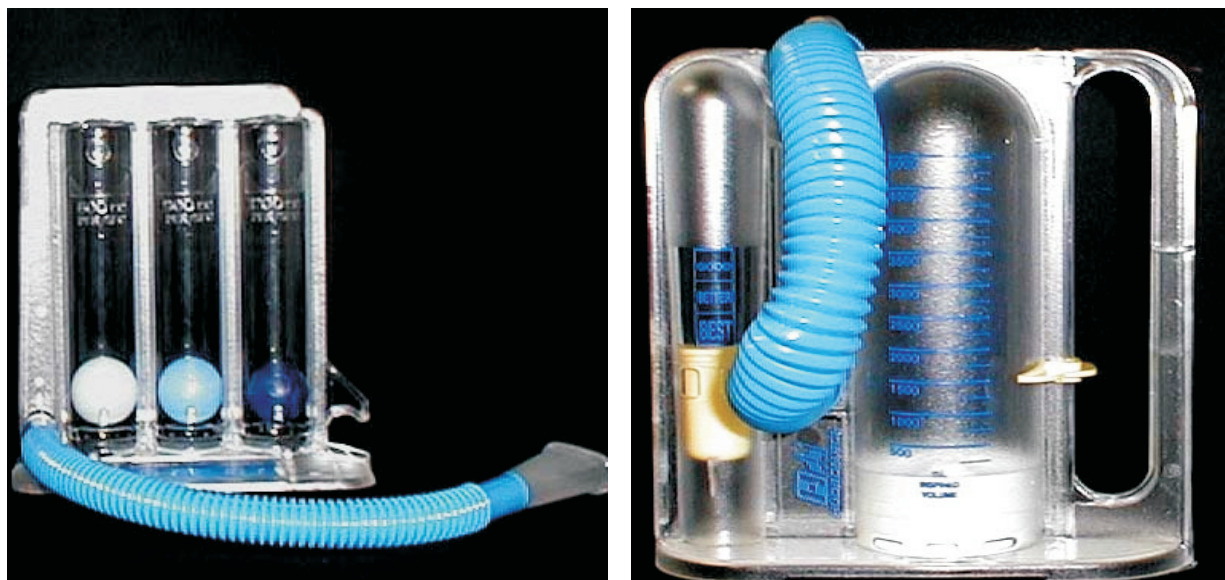
calculado através de curvas com plotagens de excursões relativas de caixa torácica e abdômen a cada ciclo; quando caixa torácica e abdômen estão em perfeita harmonia, o ângulo de fase é 0° , e com assincronia toracoabdominal crescente, essa medida aumenta para 180° ^{88,96,93}. O índice de trabalho respiratório é calculado como a razão entre o valor absoluto da soma das excursões máximas da caixa torácica e do abdômen - amplitude compartimental máxima - e o volume corrente. Esse índice leva em consideração a fase e a amplitude dos traçados de caixa torácica e abdômen, sendo que quando existe sincronia perfeita e considerando 2 graus de liberdade do sistema respiratório, a variação de volume no tórax e no abdômen deve corresponder ao volume corrente, e o índice de trabalho respiratório é 1,0. Quando o movimento toracoabdominal torna-se mais assincrônico, a amplitude compartimental máxima aumenta acima do volume corrente e o índice fica maior que 1,0 ^{86,88,85}.

2.5.2- Espirometria de incentivo

A espirometria de incentivo foi realizada utilizando-se um espirômetro de incentivo orientado a fluxo (*Triflo II, Hudson RCI, Temecula, CA, USA* – FIG. 4A) e um orientado a volume (*Voldyne, Hudson RCI, Temecula, CA, USA* – FIG. 4B).

O espirômetro a fluxo consiste em três cilindros conectados em série, cada qual contendo uma esfera; durante a inspiração no bocal conectado ao aparelho por meio de uma traquéia de plástico, o vácuo gerado no (s) cilindro (s) causa a elevação da esfera (s). O espirômetro de incentivo orientado a volume contém uma escala marcada com diferentes níveis de volume em ml e um indicador da qualidade do fluxo inspiratório; durante a realização do exercício respiratório com esse aparelho, uma traquéia de plástico maleável é conectado ao aparelho de um lado e

a um bocal no outro lado; a inspiração deve ser realizada no bocal e causa elevação do pistom dentro do cilindro do espirômetro ⁹⁷.



(A)

(B)

FIGURA 4 – (A) Espirômetro de incentivo orientado a fluxo (*Triflo II, Hudson RCI, Temecula, CA, USA*). (B) Espirômetro de incentivo orientado a volume (*Voldyne, Hudson RCI, Temecula, CA, USA*).

2.5.3- Oximetria de pulso

A oximetria de pulso (*Nonin Medical Inc, Plymouth, MN, USA* – FIG. 5) foi utilizada para monitorar a saturação periférica da hemoglobina em oxigênio (SpO_2) e antes e após cada exercício respiratório. Juntamente com essa medida, a frequência cardíaca foi monitorada, apesar de não ter sido objetivo do presente estudo.

A oximetria de pulso é considerada um método seguro de monitorização, podendo ser utilizada para avaliar a resposta da saturação arterial de oxigênio a uma intervenção terapêutica ⁹⁸. Uma correlação de alta magnitude e significativa ($r=0,98$, $p<0,0001$) foi demonstrada entre a saturação arterial e periférica da

hemoglobina em oxigênio medidas através da gasometria e da oximetria de pulso, respectivamente, em indivíduos saudáveis apresentando SpO₂ entre 70% e 100%⁹⁹. Com relação à precisão dessa medida, existe variação de 2% em indivíduos saudáveis com SpO₂ acima de 90%¹⁰⁰.



FIGURA 5 – Oxímetro de pulso (*Nonin Medical Inc, Plymouth, MN, USA*).

2.5.4- Escala visual numerada

Uma escala visual numerada foi utilizada para medir a intensidade da dor antes e após cada exercício respiratório. Esse tipo de escala fornece valores válidos e confiáveis de intensidade de dor e é comumente aplicada para essa medida^{101,102,103,104,105}.

A escala usada era composta de uma linha de 20 cm de comprimento numerada de zero a dez e impressa em uma folha de papel branco, como ilustra a FIG. 6. A extremidade da esquerda da escala – zero – representa ausência de dor, e a extremidade da direita – dez – representa o nível máximo possível de dor que a pessoa consegue imaginar. O nível de dor é obtido pela medida da distância do zero até o ponto indicado pelo participante.

ESCALA DE DOR

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Data:

Paciente:

Medida:

FIGURA 6 – Ilustração da folha de registro da medida da intensidade de dor realizada por meio de uma escala numerada de zero a dez.

2.6- Procedimentos

Os participantes do estudo foram avaliados no segundo dia após cirurgia bariátrica, quando foram informados sobre os procedimentos e receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para leitura. Após a leitura e assinatura do mesmo, os dados referentes a idade, sexo, peso, altura, IMC, tabagismo, histórico médico e informações relacionadas à cirurgia foram documentados.

As duas faixas de pletismografia foram posicionadas, uma na região da axila e a outra no nível do umbigo – especificamente, na linha média entre a borda inferior da caixa torácica e a borda superior das cristas ilíacas. O indivíduo foi posicionado confortavelmente em decúbito dorsal. A cabeceira foi inclinada 30° em relação à horizontal. Tal inclinação foi mensurada por meio de um goniômetro. As faixas de pletismografia foram ajustadas, os fios foram conectados às faixas ao pletismógrafo, e o oxímetro de pulso foi colocado, preferencialmente no dedo médio

da mão esquerda. Todos os participantes foram instruídos a evitar mudanças de posição durante o registro dos dados.

Para o registro dos dados por meio da pletismografia respiratória por indutância, foi realizado o procedimento inicial de calibração automática, durante respiração de repouso, para ajuste dos ganhos elétricos dos canais relativos à caixa torácica e ao abdômen. Em seguida, um volume de 400 ml arbitrários foi considerado para todos os participantes do estudo.

Após o procedimento de calibração, um período de respiração em repouso de pelo menos cinco minutos foi registrado e então foi realizada a primeira intervenção. Um segundo período de respiração em repouso de cinco minutos foi registrado, e então foi realizada a segunda intervenção, repetindo-se o período de respiração em repouso para realização, então, do terceiro período de intervenção. Para cada período de intervenção, foram registrados de 5 a 10 ciclos respiratórios¹⁰⁶. A ordem de realização da intervenção (exercício diafragmático ou espirometria de incentivo a fluxo ou a volume) foi randomizada por meio de um programa computadorizado específico (*MatLab*→, *The MathWorks Inc, Natick, MA, USA*). Antes e depois de cada exercício respiratório, os dados referentes a SpO₂, FC e dor foram medidos.

2.6.1- Intervenções

Para realização dos três exercícios respiratórios, os participantes foram instruídos a inspirar profunda e lentamente, tentando priorizar o movimento do compartimento abdominal, e expirar tranquilamente, sem realizar expiração forçada.

2.6.1.1- Exercício diafragmático

O exercício diafragmático foi realizado com estímulo manual da pesquisadora na região abdominal, abaixo das costelas inferiores dos participantes (FIG. 7).

Os participantes foram orientados a inspirar enquanto houvesse movimento abdominal, evitando o deslocamento da caixa torácica^{28,29}.



FIGURA 7 – Ilustração do estímulo manual realizado durante a execução do exercício diafragmático.

2.6.1.2- Espirometria de incentivo

Durante os exercícios respiratórios com os espirômetros de incentivo, os aparelhos foram segurados pela pesquisadora na posição vertical e no campo visual do participante (FIG. 8A e 8B), que foi instruído a inspirar no bocal do aparelho, evitando o vazamento de ar pelos lábios.

Para execução do exercício com o espirômetro orientado a fluxo (FIG. 8A) , os participantes foram instruídos a tentar elevar a primeira esfera ou as duas primeiras, evitando elevar a terceira esfera; essa recomendação deve-se ao fato de que o fluxo inspiratório igual ou maior a 1200ml/s, correspondente à elevação da terceira esfera, é

considerado muito alto para promover a distribuição uniforme do ar inspirado nos pulmões⁹⁷. Durante o exercício com o espirômetro a volume (FIG. 8B), o participante foi instruído a deslocar o pistão para cima no cilindro do aparelho durante a inspiração.



(A)



(B)

FIGURA 8 – (A) Realização da espirometria de incentivo com aparelho orientado a fluxo. (B) Realização da espirometria de incentivo com aparelho orientado a volume.

2.7- Aspectos estatísticos

2.7.1- Cálculo amostral

O número amostral foi calculado com base em um estudo piloto com os primeiros dez participantes do estudo considerando os resultados de variáveis do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal. Com um nível de significância de 0,05 e um poder estatístico de 0,80, o tamanho amostral resultante foi de 23 participantes.

2.7.1- Análise estatística

As análises estatísticas inferenciais incluíram testes para comparação entre as diferentes condições, em cada uma das variáveis dependentes do estudo. Para comparação das variáveis entre os três períodos de respiração em repouso ou entre respiração em repouso e as intervenções (exercício diafragmático, espirometria de incentivo a volume e espirometria de incentivo a fluxo), utilizou-se a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, quando a distribuição dos dados foi considerada normal (ou gaussiana) por meio dos resultados do teste *Kolmogorov-Smirnov*. Quando a diferença foi considerada significativa, comparações par a par foram realizadas utilizando-se o pós-teste *Tukey* para identificar os pares em que houve tal diferença. Quando a distribuição dos dados foi diferente de normal, utilizou-se o teste *Friedman*, análogo não-paramétrico ao ANOVA para medidas repetidas; nas comparações em que uma diferença significativa foi estabelecida, o *Wilcoxon* foi utilizado para identificar os pares específicos nos quais foi identificada a diferença.

Comparações dos dados relativos a SpO₂, FC e dor medidos antes e após a realização de cada exercício respiratório foram realizadas com o teste *t* pareado,

quando a distribuição dos dados foi considerada normal, ou com o teste *Wilcoxon*, quando a distribuição foi diferente de normal.

Correlações entre variáveis respiratórias foram testadas com o teste de correlação de *Pearson*, nos dados com distribuição normal, ou *Spearman's Rho*, nos dados com distribuição diferente de normal.

Em todos os testes estatísticos o nível de significância α foi previamente fixado em 0,05. Correções de *Bonferroni* foram utilizadas para ajustar o nível de significância considerando-se o número de contrastes realizados^{107,108,109}. Esse procedimento modificou o nível de significância para 0,017 nas comparações entre os três períodos de respiração em repouso, e para 0,008 nas comparações entre período de respiração em repouso e os três exercícios respiratórios.

O pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences (SPSS 10.0, Chicago, IL, USA)* foi utilizado para a preparação do banco de dados assim como para a análise estatística.

Capítulo 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GRANT-PATERSON, L.; MOODIE, N. B. Incentive spirometry: an adjunct to chest physiotherapy. *Physiotherapy Canada*, v. 37, p. 388-393, 1985.
2. SCUDERI, J.; OLSEN, G. N. Respiratory therapy in the management of postoperative complications. *Respiratory Care*, v. 34, p. 281-291, 1989.
3. BROOKS, D. et al. A clinical practice guideline on peri-operative cardiorespiratory physical therapy. *Physiotherapy Canada*, v. 53, p. 9-25, 2001.
4. CRAIG, D. B. Postoperative recovery of pulmonary function. *Anesth Analg*, v. 60, p. 46-52, 1981.
5. REZAIGUIA, S.; JAYR, C. Prevention of respiratory complications after abdominal surgery. *Ann Fr Anesth Reanim*, v. 15, p. 623-646, 1996.
6. GOSSELINK, R. et al. Incentive spirometry does not enhance recovery after thoracic surgery. *Crit Care Med*, v. 28, p. 679-683, 2000.
7. OVEREND, T. J. et al. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest*, v. 120, p. 971-978, 2001.
8. CELLI, B. R.; RODRIGUEZ, K. S.; SNIDER, G. L. A controlled trial of intermittent positive pressure breathing, incentive spirometry, and deep breathing exercises in preventing pulmonary complications after abdominal surgery. *Am Rev Respir Dis*, v. 130, p. 12-15, 1984.
9. PEREIRA, E. D. et al. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *São Paulo Med J*, v. 117, p. 151-160, 1999.
10. FILARDO, F. A.; FARESIN, S. M.; FERNANDES, A. L. G. Validade de um índice prognóstico para ocorrência de complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgia abdominal alta. *Rev Assoc Med Bras*, v. 48, p. 209-216, 2002.
11. HALL, J. C. et al. Incentive spirometry versus routine chest physiotherapy for prevention of pulmonary complications after abdominal surgery. *Lancet*, v. 337, p. 953-956, 1991.

12. BROOKS-BRUNN, J. A. Predictors of postoperative pulmonary complications following abdominal surgery. *Chest*, v. 111, p. 564-571, 1997.
13. HALL, J. C. et al. Prevention of respiratory complications after abdominal surgery: a randomized clinical trial. *BMJ*, v. 312, p. 148-152, 1996.
14. LAWRENCE, V. A. et al. Risk of pulmonary complications after elective abdominal surgery. *Chest*, v. 110, p. 744-750, 1996.
15. MARINI, J. J. Postoperative atelectasis: pathophysiology, clinical importance, and principles of management. *Respiratory Care*, v. 29, p. 516-522, 1984.
16. OLSEN, M. F. et al. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *British Journal of Surgery*, v. 84, p. 1535-1538, 1997.
17. DOUCE, F. H. Incentive spirometry and others aids to lung inflation. In: BARNES, G. *Core text book*. New York: McGraw Hill, 1994. Cap.10, p. 231-241.
18. BARTLETT, R. H.; GAZZANIGA, A. B.; GERAGHTY, T. R. Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications. A critical review. *JAMA*, v. 224, p. 1017-1021, 1973.
19. SIMONNEAU, G. et al. Diaphragm dysfunction induced by upper abdominal surgery. *Am Rev Respir Dis*, v. 128, p. 899-903, 1983.
20. DUREIL, B.; CANTINEAU, J. P.; DESMONTS, J. M. Effects of upper or lower abdominal surgery on diaphragmatic function. *Br F Anaesth*, v. 59, p. 1230-1235, 1987.
21. CHUTER, T. A. M. et al. Effect of incentive spirometry on diaphragmatic function after surgery. *Surgery*, v. 105, p. 488-493, 1989.
22. BENDIXEN, H. H.; SMITH, G. M.; MEAD, J. Pattern of ventilation in young adults. *J Appl Physiol*, v. 19, p. 195-198, 1964.
23. BAKOW, E. D. Sustained maximal inspiration - a rationale for its use. *Respiratory Care*, v. 22, p. 379-382, 1977.
24. HALL, J. C.; TAPPER, J.; TARALA, R. The cost-efficiency of incentive spirometry after abdominal surgery. *Aust N Z Surg*, v. 63, p. 356-359, 1993.

25. WESTERDAHL, E. et al. The immediate effects of deep breathing exercises on atelectasis and oxygenation after cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J*, v. 37, p. 363-367, 2003.
26. MASSERY, M.; FROWNFELTER, D. Padrões de facilitação da ventilação e estratégias ventilatórias. In: FROWNFELTER, D.; DEAN, E. *Fisioterapia cardiopulmonar - Princípios e prática*. Rio de Janeiro: Revinter, 2004. Cap.22, p. 301-326.
27. ROUSSOS, C. S. et al. Voluntary factors influencing the distribution of inspired gas. *Am Rev Respir Dis*, v. 116, p. 457-467, 1977.
28. GOSSELINK, H. A. A. M. *Breathing exercises in patients with chronic obstructive pulmonary disease - An experimental study on the efficiency and coordination of breathing*. 204 f. (Tese de Doutorado) - Vrije Universiteit te Amsterdam, Holanda, 1991.
29. SHULMAN, S. M.; CHUTER, T.; WEISSMAN, C. Dynamic respiratory patterns after laparoscopic cholecystectomy. *Chest*, v. 103, p. 1173-1177, 1993.
30. COSTA, D. Cinesioterapia, reeducação funcional respiratória e reabilitação pulmonar. In: COSTA, D. *Fisioterapia respiratória básica*. São Paulo: Atheneu, 1999. Cap.5, p. 71-86.
31. WEBBER, B. A.; PRYOR, J. A.; BETTUNE, D. D.; POTTER, H. M.; MCKENZIE, D. Técnicas fisioterápicas. In: PRYOR, J. A.; WEBBER, B. A. *Fisioterapia para problemas respiratórios e cardíacos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. Cap.8, p. 97-150.
32. OLSEN, M. F.; LONROTH, H.; BAKE, B. Effects of breathing exercises on breathing patterns in obese and non-obese subjects. *Clin Physiol*, v. 19, p. 251-257, 1999.
33. WESTERDAHL, E. et al. Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery - a comparison of three different deep breathing techniques. *J Rehabil Med*, v. 33, p. 79-84, 2001.
34. BRASHER, P. A. et al. Does removal of deep breathing exercises from a physiotherapy program including pre-operative education and early mobilization after cardiac surgery alter patient outcomes? *Aust J Physiother*, v. 49, p. 165-173, 2003.

35. STOCK, M. C. et al. Comparison of continuous airway positive pressure, incentive spirometry, and conservative therapy after cardiac operations. *Critical Care Medicine*, v. 12, p. 969-972, 1984.
36. STOCK, M. C. et al. Prevention of postoperative pulmonary complications with CPAP, incentive spirometry, and conservative therapy. *Chest*, v. 87, p. 151-157, 1985.
37. DAVIES, B. L.; MACLEOD, J. P.; OGILVIE, H. M. The efficacy of incentive spirometers in post-operative protocols for low-risk patients. *Can J Nurs Res*, v. 22, p. 19-36, 1990.
38. VILAPLANA, J. et al. Ineffectiveness of incentive spirometry as coadjuvant of conventional physiotherapy for the prevention of postoperative respiratory complications after thoracic and esophageal surgery. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*, v. 37, p. 321-325, 1990.
39. CROWE, J. M.; BRADLEY, C. A. The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery. *Phys Ther*, v. 77, p. 260-268, 1997.
40. CHUMILLAS, S. et al. Prevention of postoperative pulmonary complications through respiratory rehabilitation: a controlled clinical study. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 79, p. 5-9, 1998.
41. THOMAS, J. A.; MCINTOSH, J. M. 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*, v. 74, p. 3-10, 1994.
42. GOSSELINK, R. A. et al. Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 151, p. 1136-1142, 1995.
43. FELTRIM, M. I. Z. *Análise da configuração toracoabdominal e do volume corrente durante a realização de exercícios respiratórios em indivíduos saudáveis*. 145 f. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1999.
44. O'DONOHUE, W. J. J. National survey of the usage of lung expansion modalities for the prevention and treatment of postoperative atelectasis following abdominal and thoracic surgery. *Chest*, v. 44, p. 634-639, 1985.

45. JENKINS, C. S.; SOUTAR, S. A. A survey into the use of incentive spirometry following coronary artery by-pass graft surgery. *Physiotherapy*, v. 72, p. 492-493, 1986.
46. WATTIE, J. Incentive spirometry after coronary artery bypass surgery. *Physiotherapy Canada*, v. 84, p. 508-514, 1998.
47. SCHWIEGER, I. et al. Absence of benefit of incentive spirometry in low-risk patients undergoing elective cholecystectomy. A controlled randomized study. *Chest*, v. 89, p. 652-656, 1986.
48. JENKINS, S. C. et al. Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? *Thorax*, v. 44, p. 634-639, 1989.
49. OIKKONEN, M. et al. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest*, v. 99, p. 60-65, 1991.
50. PASQUINA, P.; TRAMER, M. R.; WALDER, B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ*, v. 327, p. 1379-2003.
51. MELENDEZ, J. A. et al. Postthoracotomy respiratory muscle mechanics during incentive spirometry using respiratory inductance plethysmography. *Chest*, v. 101, p. 432-436, 1992.
52. MANG, H.; OBERMAYER, A. Imposed work of breathing during sustained maximal inspiration: comparison of six incentive spirometers. *Respir Care*, v. 34, p. 1122-1128, 1989.
53. WEINDLER, J.; KIEFER, R. T. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*, v. 119, p. 1858-1864, 2001.
54. PARREIRA, V. F. et al. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz J Med Biol Res*, v. 38, p. 1105-1112, 2005.
55. PARREIRA, V. F. et al. Avaliação do volume corrente e da configuração toracoabdominal durante o uso de espirômetros de incentivo a volume e a fluxo, em sujeitos saudáveis: influência da posição corporal. *Revista Brasileira De Fisioterapia*, v. 8, p. 45-51, 2004.

56. JORIS, J.; KABA, A.; LAMY, M. Postoperative spirometry after laparoscopy for lower abdominal or upper abdominal surgical procedures. *British Journal of Anaesthesia*, v. 79, p. 422-426, 1997.
57. Obesity. Preventing and managing the global epidemic. Report of World Health Organization consultation on obesity. Geneva, 1997.
58. National Institutes Of Health. Clinical guidelines on the identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults - The evidence report. *Obes Res*, v. 6, p. 51S-209S, 1998.
59. COUTINHO, W. Consenso Latino-Americano de Obesidade. *Arq Bras Endocrinol Metab*, v. 43, p. 22-67, 1999.
60. SAVASSI-ROCHA, A. L.; BARBOSA, A. J. A. Ghrelina e obesidade: estado atual de conhecimento. In: SAVASSI-ROCHA, P. R. et al. *Tópicos em gastroenterologia 13 - Obesidade e urgências gastroenterológicas*. Belo Horizonte: Medsi Editora Médica e Científica Ltda, 2003. Cap.3, p. 27-35.
61. LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr*, v. 46, p. 537-556, 1987.
62. DINIZ, M. F. H. S.; SALGADO, P. P. C. A.; VALADÃO, M. M. A. Obesidade mórbida: até quando insistir com o tratamento clínico? In: SAVASSI-ROCHA, P. R. et al. *Tópicos em gastroenterologia 13 - Obesidade e urgências gastroenterológicas*. Belo Horizonte: Medsi Editora Médica e Científica Ltda, 2003. Cap.1, p. 1-11.
63. MARTIN, L. F. et al. Severe obesity: expensive to society, frustrating to treat, but important to confront. *South Med J*, v. 88, p. 895-902, 1995.
64. HUBBARD, V. S.; HALL, W. H. Gastrointestinal surgery for severe obesity. *Obes Surg*, v. 1, p. 257-265, 1991.
65. Gastrointestinal surgery for severe obesity: National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement. *Am J Clin Nutr*, v. 55, p. 615S-619S, 1992.
66. REIS, G. M. F.; SILVA, E. N. Cirurgia de Fobi-Capella: pode ser indicada em todos os pacientes? In: SAVASSI-ROCHA, P. R. et al. *Tópicos em gastroenterologia - Obesidade e urgências gastroenterológicas*. Belo Horizonte: Medsi, 2003. Cap.8, p. 85-94.

67. CAPELLA, J. F.; CAPELLA, R. F. The weight reduction operation of choice: vertical banded gastroplasty or gastric bypass? *The American Journal of Surgery*, v. 171, p. 74-79, 1996.
68. CAPELLA, J. F.; CAPELLA, R. F. An assessment of vertical banded gastroplasty-Roux-en-Y gastric bypass for the treatment of morbid obesity. *The American Journal of Surgery*, v. 183, p. 117-123, 2002.
69. KRAL, J. G. Morbidity of severe obesity. *Surg Clin North Am*, v. 81, p. 1039-1061, 2001.
70. LUCE, J. M. Respiratory complications of obesity. *Chest*, v. 78, p. 626-631, 1980.
71. KOENIG, S. M. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*, v. 321, p. 249-279, 2001.
72. RAMOS, P. L.; GONZÁLES-MORO, J. M. R.; SOCORRO, Y. R. Obesidad y función pulmonar. *Arch Bronconeumol*, v. 40, p. 27-31, 2004.
73. LAZARUS, R.; SPARROW, D.; WEISS, S. T. Effects of obesity and fat distribution on ventilatory function: the normative aging study. *Chest*, v. 111, p. 891-898, 1997.
74. LAZARUS, R. et al. Effects of body composition on ventilatory function in adults. *Am J Clin Nutr*, v. 68, p. 35-41, 1998.
75. SANTOS, S. et al. Testes de função ventilatória e obesidade. *Acta Fisiátrica*, v. 4, p. 27-30, 1998.
76. LADOSKI, W.; BOTELHO, M. A. M.; ALBUQUERQUE JR, J. P. Chest mechanics in morbidly obese non-hypoventilate patients. *Respiratory Medicine*, v. 2001, p. 281-286, 2001.
77. FAINTUCH, J. et al. Pulmonary function and aerobic capacity in asymptomatic bariatric candidates with very severe morbid obesity. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo*, v. 59, p. 181-186, 2004.
78. RASSLAN, Z. et al. Avaliação da função pulmonar na obesidade graus I e II. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 30, p. 508-514, 2004.

79. EICHENBERGER, A. S. et al. Postoperative pulmonary atelectasis related to morbid obesity is underestimated. *Anesth Analg*, v. 95, p. 1788-1792, 2002.
80. KONNO, K.; MEAD, J. Measurement of the separate volume changes of the rib cage and abdomen during breathing. *J Appl Physiol*, v. 22, p. 407-422, 1967.
81. MARTINOT-LARGADE, P. et al. What does inductance plethysmography really measure? *J Appl Physiol*, v. 64, p. 1749-1756, 1988.
82. CARRY, P. Y. et al. Evaluation of respiratory inductive plethysmography: accuracy for analysis of respiratory waveforms. *Chest*, v. 111, p. 910-915, 1997.
83. CARETTI, D. M. et al. Reliability of respiratory inductive plethysmography for measuring tidal volume during exercise. *Am Ind Hyg Assoc J*, v. 55, p. 918-923, 1994.
84. VERSCHAKELEN, J. A.; DEMEDTS, M. G. Normal thoracoabdominal motions. Influence of sex, age, posture, and breath size. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 151, p. 399-405, 1995.
85. MAYER, O. H. et al. Respiratory inductance plethysmography in healthy 3- to 5-year-old children. *Chest*, v. 124, p. 1812-1819, 2003.
86. TOBIN, M. J. et al. Breathing patterns. 1. Normal subjects. *Chest*, v. 84, p. 202-205, 1983.
87. TOBIN, M. J. et al. Breathing patterns. 2. Diseased subjects. *Chest*, v. 84, p. 286-294, 1983.
88. SACKNER, M. A. et al. Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 130, p. 588-593, 1984.
89. BLOCH, K. E.; BARANDUN, J.; SACKNER, M. A. Effect of mouthpiece breathing on cardiorespiratory response to intense exercise. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 151, p. 1087-1092, 1995.
90. TAMAKI, A. et al. Analysis of thoracoabdominal motion during incremental work cycle exercise. *J Phys Ther Sci*, v. 12, p. 131-135, 2000.

91. WERCHOWSKI, J. L. et al. Inductance plethysmograph measurement of CPAP-induced changes in end-expiratory lung volume. *J Appl Physiol*, v. 68, p. 1732-1738, 1990.
92. COURTNEY, S. E. et al. Lung recruitment and breathing pattern during variable versus continuous flow nasal continuous positive airway pressure in premature infants: an evaluation of three devices. *Pediatrics*, v. 107, p. 304-308, 2005.
93. REBER, A. et al. Effect of continuous positive airway pressure on the measurement of thoracoabdominal asynchrony and minute ventilation in children anesthetized with sevoflurane and nitrous oxide. *Chest*, v. 122, p. 473-478, 2002.
94. SACKNER, M. A. Monitoring ventilation without a physical connection to the airway. In: SACKNER, M. A. *Diagnostic techniques in pulmonary disease*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1980. Cap.16, p. 503 -527.
95. SACKNER, M. A. et al. Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing. *J Appl Physiol*, v. 66, p. 410-420, 1989.
96. ALLEN, J. L. et al. Thoracoabdominal asynchrony in infants with airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis*, v. 141, p. 337-342, 1990.
97. WOJCIECHOWSKI, W. V. Incentive spirometers, secretion evacuation devices, and inspiratory muscle training devices. In: BARNES, G. *Core text book*. New York: McGraw Hill, 1994. Cap.17, p. 499-522.
98. AARC (American Association for Respiratory Care) Clinical Practice Guideline. Pulse oximetry. *Respir Care*, v. 36, p. 1406-1409, 1991.
99. YELDERMAN, M.; NEW, W., JR. Evaluation of pulse oximetry. *Anesthesiology*, v. 59, p. 349-352, 1983.
100. NICKERSON, B. G.; SARKISIAN, C.; TREMPER, K. Bias and precision of pulse oximeters and arterial oximeters. *Chest*, v. 93, p. 515-517, 1988.
101. HO, K.; SPENCE, J.; MURPHY, M. F. Review of pain-measurement tools. *Annals of Emergency Medicine*, v. 24, p. 427-432, 1996.
102. SUMMERS, S. Evidence-based practice Part 2: reliability and validity of selected acute pain instruments. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, v. 16, p. 35-40, 2006.

103. MADER, T. J. et al. How reliable are pain scores? A pilot study of 20 healthy volunteers. *Journal of Emergency Nursing*, v. 29, p. 322-325, 2003.
104. COLL, A. M.; AMEEN, J. R. M.; MEAD, D. Postoperative pain assessment in day surgery: literature review. *Journal of Advanced Nursing*, v. 46, p. 124-133, 2004.
105. GAGLIESE, L. et al. The measurement of postoperative pain: a comparison of intensity scales in younger and older surgical patients. *Pain*, v. 117, p. 412-420, 2005.
106. AARC (American Association for Respiratory Care) clinical practice guideline. Incentive spirometry. *Respir Care*, v. 36, p. 1402-1405, 1991.
107. MUNRO, B. H. Selected nonparametric techniques. In: MUNRO, B. H. *Statistical methods for health care research*. Philadelphia: Lippincott, 2000. Cap.4, p. 97-121.
108. MUNRO, B. H. Differences among group means: one-way analysis of variance. In: MUNRO, B. H. *Statistical methods for health care research*. Philadelphia: Lippincott, 2000. Cap.6, p. 137-159.
109. BROWNER, W. S.; NEWMAN, T. B.; CUMMINGS, S. R.; HULLEY, S. B. Getting ready to estimate sample size: hypotheses and underlying principles. In: HULLEY, S. B.; CUMMINGS, S. R. *Designing clinical size sample and power*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998. Cap.12, p. 129-138.

Capítulo 4- BREATHING EXERCISES FOLLOWING GASTROPLASTY: ANALYSIS OF BREATHING PATTERN AND THORACOABDOMINAL MOTION²

Background and Purpose: Deep breathing exercises are part of postoperative care. This study was carried out to evaluate breathing pattern and thoracoabdominal motion during different breathing exercises after gastropasty.

Subjects: 24 subjects with obesity.

Methods: Respiratory inductive plethysmography was used to measure respiratory variables and thoracoabdominal motion, during diaphragmatic breathing (DB), flow and volume-oriented incentive spirometry (Triflo II and Voldyne). Statistical analysis was performed with ANOVA for repeated measures, considering $\alpha=0.05$, with corrections when necessary.

Results: Comparisons between exercises showed significant differences, like higher tidal volume during exercise with Triflo II and Voldyne (x_{DB}), lower respiratory frequency during exercise with Voldyne ($x_{Triflo II}$), and higher minute ventilation during Triflo II and Voldyne (x_{DB}). Rib cage motion was not modified during breathing exercises, although there was an increase in thoracoabdominal asynchrony.

Discussion and conclusion: Considering the variables analyzed during breathing exercises and physiologic basis of them, best performance occurred during volume-oriented incentive spirometry.

Key words: Breathing exercises, diaphragmatic breathing, incentive spirometry, breathing pattern, thoracoabdominal motion, obesity.

² Authors: Tomich, Geórgia M.; França, Danielle C; Diniz, Marco Túlio C.; Britto, Raquel R.; Sampaio, Rosana F.; Parreira, Verônica F. To be submitted to *Physical Therapy*. www.ptjournal.org

BACKGROUND AND PURPOSE

Chest physiotherapy, including deep breathing exercises, is part of the post-operative care after abdominal and thoracic surgeries and dispose of many therapeutic techniques used to prevent or treat post-operative pulmonary complications (PPC) ¹⁻³. PPC are clinically significant alterations in pulmonary function associated to post-operative period of abdominal and thoracic surgeries ⁴, and are important causes of morbidity, mortality ⁵⁻⁷, and an increase of the length in hospitalization ⁸⁻¹⁰.

Many factors are associated with PPC, like: presence of risk factors, like advanced age and obesity, surgery incision, surgery duration, type of anesthesia, analgesia, pain, abdominal distension ^{4, 5, 8, 11, 12}. A dysfunction of respiratory mechanics occurs and it is characterized as a shallow breathing pattern, without periodic sighs, which result in an instability of pulmonary alveoli, and consequently in alveolar collapse - atelectasis ^{4, 11, 13}. Diaphragmatic dysfunction, especially associated with upper abdominal surgery, contributes to decreased ventilation on pulmonary basis and can be associated with a higher incidence of atelectasis in this pulmonary area ¹⁴⁻¹⁶.

In the 1970's, sustained maximal inspiration was described as a therapeutic technique to prevent and/or treat atelectasis ^{13, 17}. The execution of voluntary deep and slow inspirations, like occurs during natural sighing or yawning, increasing functional residual capacity and thereby ensuring greater alveolar stability ^{13, 17}, can be performed with or without mechanical devices. When deep and slow inspirations are performed without a mechanical device they are the basis of respiratory exercises like diaphragmatic breathing (DB). In a different way, devices like incentive spirometers can be used, consisting, in this case, the technique incentive spirometry (IS) ¹.

DB is a breathing therapeutic exercise that has been used for decades in clinical practice. Most part of the published studies investigated the efficacy of deep breathing exercises on the prevention of PPC, and these exercises were associated with other forms of treatment ¹⁸⁻²⁵, what makes it difficult to delineate its effects ²⁶⁻²⁸. Few studies were performed to evaluate the specific effects of DB ^{27, 29, 30}.

IS was introduced by Bartlett *et al*¹³ in the 1970's when these authors developed and described the first incentive spirometer, with the purpose of encouraging, through visual feedback, the performance of sustained maximal inspiration^{13, 17}. Nowadays, there are different kinds of incentive spirometers, flow-oriented or volume-oriented. The efficacy of IS in the prevention and treatment of PPC was assessed in several studies^{6, 8, 19-23, 31, 32}. However, the results obtained from these studies have been conflicting. Few studies were performed to evaluate the specific effects of IS in post-operative period^{16, 33} or the impact of the effects of different devices on therapeutic efficacy³⁴⁻³⁷.

The therapeutic effect and the performance of deep and slow inspirations in post-operative period can be influenced by different factors, associated with the surgery or with the patient. Upper abdominal surgery has a higher impact on respiratory function compared to lower abdominal surgery^{15, 38, 39}. One of the patient-related risk factors for PPC considered in literature is obesity^{12, 40}, condition that might present adverse effects on the respiratory system because of alterations in respiratory mechanics, pulmonary gas exchange and control of breathing⁴¹⁻⁴³. Olsen *et al*¹² assessed the effects of a regimen of chest physiotherapy after abdominal surgery in 368 patients. A higher incidence of PPC occurred in patients with obesity compared with non-obese and a particularly beneficial effect of chest physiotherapy was observed in these patients.

Besides many different regimens of treatment have been used, there is still no specific and universally acceptable therapeutic concept^{2, 7, 26}. It is known, however, that techniques or devices that encourage the patient to perform deep inspirations are clinically important and are largely used. DB and IS, both based on deep and slow inspirations, were compared in few studies, and, in our knowledge, none of them were performed with subjects with obesity.

The main purpose of this study was to evaluate breathing pattern and thoracoabdominal motion in subjects with obesity after gastropasty during breathing at rest, diaphragmatic breathing, flow-oriented and volume-oriented incentive spirometry. Additionally, transcutaneous oxygen saturation was analyzed before and after each exercise.

METHOD

Subjects

Participants for this study were selected among subjects with obesity admitted for elective gastroplasty on a university-based hospital. Inclusion criteria were: to be submitted to open gastric bypass surgery through vertical banded gastroplasty–Roux-en-Y (Capella Technique) ⁴⁴ and to give written informed consent for participation in the study. Exclusion criteria were: incapacity to perform the procedures and pain intensity above the number 5 in a numerical rating scale. University Ethics Research Committee approved the study and all subjects gave written informed consent.

Recording equipment and measurements

Respiratory inductive plethysmography (Respirace®, NIMS, Miami, FL, USA) was used to obtain breathing pattern and thoracoabdominal motion variables. There are in literature studies that were carried out to evaluate the accuracy of this method in different conditions, like rest or physical activity ^{45, 46}, and studies performed to assess breathing pattern of subjects with different ages ^{47, 48}, in health ⁴⁹ or disease conditions ^{50, 51} during rest or exercise ^{52, 53}, in spontaneous or artificial ventilation ⁵⁴⁻⁵⁶.

Teflon-coated inductance coils of appropriate size were placed around the rib cage and abdomen; the upper edge of the rib cage band was placed at the level of axilla and the abdominal band at the level of umbilicus – specifically, at midline between lower edge of rib cage and upper edge of iliac crest. Signals were calibrated and recorded with a digital acquisition system (RespiEvents 5.2, NIMS, Miami, FL, USA). Calibration procedure was performed using the Qualitative Diagnostic Calibration ⁵⁷, wherein the rib cage and abdomen electrical gains of the respiratory inductive plethysmography amplifiers are correctly partitioned during a period of approximately 5 min of natural breathing. An arbitrary tidal volume of 400 ml was considered for all subjects.

Individual values for tidal volume (V_t), respiratory frequency (f), minute ventilation (VE), inspiratory time (T_i), expiratory time (T_e), total respiratory time (T_{tot}), inspiratory duty cycle (T_i/T_{tot}), mean inspiratory flow (V_t/T_i), rib cage motion contribution to V_t (RC/V_t), phase inspiratory relation during ($PhRIB$), phase angle ($PhAng$) and labor breathing index (LBI) were obtained directly via the digital acquisition system, on a breath by breath basis. The first eight variables cited were considered components of breathing pattern and the last four were considered thoracoabdominal motion variables.

$PhRIB$ is calculated during inspiration and reflects agreement or disagreement between signals derived from thoracic and abdominal compartments; when both compartments move synchronously $PhRIB$ is calculated as 0%, and when compartments move in opposite directions, $PhRIB$ is 100%⁵⁶. $PhAng$ reflects the degree of thoracoabdominal asynchrony and is calculated from loops of relative excursions of rib cage and abdomen during each respiratory cycle; when both compartments move synchronously, $PhAng$ is calculated as 0° , and with the increase of thoracoabdominal asynchrony this measurement increases to 180° ^{51, 56, 58}. LBI is calculated as the ratio of the absolute sum of the maximal excursions of rib cage and abdomen - maximal compartment amplitude - and V_t ; when breathing in perfect synchrony, and assuming two degrees of freedom in the respiratory system, the volume change in the thorax and abdomen should equal V_t and LBI is 1.0; as thoracoabdominal motion becomes more asynchronous, maximal compartment amplitude increases above V_t and LBI increases above 1.0^{48, 49, 51}.

Pulse oximetry (Nonin Medical Inc, Plymouth, MN, USA) was used to measure transcutaneous oxygen saturation (SpO_2) and pulse rate. Pain intensity was measured before and after each breathing exercise using a numerical rating scale, which is commonly employed to measure pain intensity and has been showed to provide valid and reliable estimates⁵⁹⁻⁶³. The scale used was a 20 cm line impressed on a white paper, with eleven marks from zero to ten and represents the continuum of subject's opinion of the degree of pain. It was explained that zero (left extremity of the line) represents 'no pain at all' and ten (right extremity) represents 'worst pain imaginable'. The

subject reported the degree of pain and then scale values were obtained by measuring the distance in cm from zero to the point indicated.

Procedure

Data collection occurred on second post-operative day. After receiving explanations about the research and the procedures, subjects gave written informed consent for their participation in the study. The subject's gender, age, weight, height, body mass index, smoking history and current and past medical history were documented. Surgery information was collected from anesthetist file.

Respirace® bands were positioned with subjects sited in bed. Subsequently, an angle of 30° between head bed and horizontal line was measured using a goniometer. Then subjects were instructed to lay comfortably in semi-reclined position, avoiding any shift of the body during recording, and the finger sensor of the pulse oximeter was applied.

During the three breathing exercises, all subjects were instructed to take deep and slow breaths, trying to displace abdomen more than rib cage, and expire out. DB was performed with the researcher hands placed below subject's lower costal margin and subjects were instructed to inspire maximizing abdominal displacement and avoiding rib cage motion^{30, 64}. During exercise with flow-oriented incentive spirometer (Triflo II, Hudson RCI, Temecula, CA, USA), subjects were instructed to inspire via mouthpiece trying to raise the first ball or the first two balls, not the third one. The level of inspiratory flow correspondent to elevation of the third ball is considered to high to promote uniform distribution of gas through pulmonary parenchyma⁶⁵. During exercise with volume-oriented incentive spirometer (Voldyne, Hudson RCI, Temecula, CA, USA), subjects were said to try to displace the piston inspiring through mouthpiece.

After calibration, 5 minutes of breathing at rest (baseline) were recorded and then the first breathing exercise was performed. The following sequence was used: 1st baseline period, 1st exercise, 2nd baseline, 2nd exercise, 3rd baseline, and 3rd exercise. For each baseline period 5 minutes of recording passed; when subject showed or reported some discomfort, especially at the end data

collection, duration of baseline was at least 4 minutes. For each breathing exercise at least 5 breaths were recorded, and when possible 10 cycles⁶⁶. A custom made random number generator program (MatLab®, Natick, MA, USA) was used to assign the order in which breathing exercises would be performed. Just before and after each breathing exercise period, SpO₂, pulse rate and pain intensity were measured and registered.

Statistical analysis

Sample size was calculated based on pilot study performed with the first ten subjects considering breathing pattern and thoracoabdominal motion variables. Taken into consideration the level of significance of 0.05 and the power of 0.80, the result of this calculation was a sample of 23 participants.

Demographic data were presented using mean, standard deviation (SD) and range; data of respiratory variables, SpO₂ and pulse rate were described using mean and SD. Distribution analysis was performed using Kolmogorov-Smirnov test. When distribution was normal, comparisons between baselines or between baseline and exercises were performed with ANOVA for repeated measures followed by Tukey *post hoc* test; when distribution was not normal, Friedman and Wilcoxon tests were used in these comparisons, respectively. Student's t-test for paired samples was used to compare SpO₂ and pulse rate measured pre and post-trial when distribution was considered normal; for data not normally distributed, Wilcoxon was used. Data of pain intensity was analyzed with non-parametric statistic. Correlations between respiratory variables were tested with Pearson when data were normally distributed and Spearman's Rho when data were not normally distributed. Level of significance (α) was set at 0.05 (two-tailed) for all tests. Bonferroni correction was used to adjust level of significance considering the number of contrasts performed^{67, 68}, modifying level of significance for 0.017 in the comparisons between baseline periods, and for 0.008 in the comparisons between baseline and exercises. Data were analysed with Statistical Package for Social Sciences (SPSS 10.0, Chicago, IL, USA).

RESULTS

Twenty-six subjects with obesity level II (BMI between 35 and 39.9 Kg/m² in association with co-morbidities) or level III (BMI \geq 40 Kg/m²) admitted for elective gastroplasty on a university-based hospital were selected for this study. They were recruited among April to August 2005 between patients on second post-operative day who volunteered for the study. Two subjects were excluded: one of them because the level of pain reported was above the maximal predetermined as exclusion criteria even before beginning exercises (subject # 18), and the other one because of technical problems during calibration procedure (subject # 25).

Twenty-four subjects were studied. Demographic data and smoking history are presented in Table 1. Co-morbidities associated with obesity were present in sixteen subjects and are showed in Figure 1. Eight subjects reported past history of respiratory disease: bronchitis in childhood (3 subjects), pneumonia (3), asthma in pregnancy (1), allergy (1), sinusitis (1).

The duration of surgery varied from 105 to 190 min, with a mean of 144.38 ± 23.70 (standard deviation) min, and the duration of anesthesia varied from 120 to 230 min, with a mean of 169.78 ± 32.07 min. Medicines were administered according protocols of local surgery service; the main medicines used by subjects were: non-narcotic analgesic, nonsteroidal anti-inflammatory, narcotic analgesic, anti-emetic and anti-coagulant.

Data were obtained during the three baseline and three breathing exercise periods for 23 subjects. One of them could not perform third baseline and third period of exercise (Triflo II) because of somnolence (subject # 23). Some periods of respiratory inductive plethysmography records during breathing exercises had to be excluded from analysis because of excessive artifacts and irregularities: five during DB, one during exercise with Triflo II and two during exercise with Voldyne. A total of 274 cycles of breathing exercise periods were analyzed, 82 cycles during DB, 99 during exercise with Triflo II and 93 during exercise with Voldyne. With respect to the three baseline periods, a total of 1658 respiratory cycles were analyzed, 581 cycles during first baseline, 559 during second baseline and 518 during third baseline, with a mean of 23 ± 7 cycles per

subject. For baseline data the mean was achieved from one-minute measurement, preferentially the last one of each period.

Considering data of pain, no significant differences were observed between absolute values of pain reported by subjects before and after each breathing exercise period: DB ($3.2 \pm 3.2 \times 3.4 \pm 3.1$, $p=0.574$), Triflo II ($3.1 \pm 3.0 \times 3.3 \pm 3.1$, $p=0.644$), Voldyne ($3.1 \pm 3.4 \times 3.3 \pm 3.0$, $p=0.422$). Comparisons between breathing exercises using pain scores (pain reported pre-exercise *minus* pain reported post-exercise) showed also no significant difference ($p=0.828$).

Baseline data

There were no significant differences between the three baseline periods considering analysis of the following respiratory variables: V_t , f , VE, RC/ V_t , PhAng ($p=0.028$, $p=0.438$, $p=0.132$, $p=0.676$, $p=0.878$, respectively). Considering this result, the following analyses were performed considering data of the first baseline.

Breathing pattern

Table 2 shows data of breathing pattern during baseline and during three breathing exercise periods. Comparisons between baseline and breathing exercises showed a significant increase in V_t and a decrease in f during all exercises ($p=0.000$), with an increase in VE only during exercise with Triflo II ($p=0.006$). There was an increase in T_i during DB and Voldyne ($p=0.000$), in T_e and T_{tot} during all breathing exercises ($p \leq 0.006$), and in T_i/T_{tot} during exercise with Voldyne ($p=0.006$). Comparisons between exercises showed higher V_t during exercises with Triflo II and with Voldyne when compared to DB ($p=0.002$ and $p=0.001$, respectively), lower f during exercise with Voldyne when compared to Triflo II ($p=0.004$), and higher VE during exercise with Triflo II and Voldyne when compared to DB ($p=0.005$ and $p=0.001$, respectively). A higher T_{tot} was observed during exercise with Voldyne when compared to Triflo II ($p=0.005$). There was a higher V_t/T_i during exercise with Triflo II when compared to DB ($p=0.005$).

Thoracoabdominal motion

Table 3 shows data of thoracoabdominal motion during baseline and during three breathing exercise periods. There were no significant changes in RC/Vt ($p=0.021$) and LBI ($p=0.069$) when baseline and breathing exercises were compared. Considering PhRIB and PhAng, variables related to thoracoabdominal asynchrony, there was a significant increase in PhRIB during DB and Triflo II ($p=0.007$ and $p=0.001$, respectively) and a significant increase in PhAng during exercises with Triflo II and with Voldyne when compared to baseline ($p=0.001$ and $p=0.007$, respectively). Comparisons between exercises showed no significant differences.

Analyses of correlation between RC/Vt and other thoracoabdominal motion, considering data of baseline and three breathing exercises, showed moderate to strong positive and significant correlations. High values of RC/Vt were correlated with high values of PhRIB ($r=0.837$, $p=0.000$), PhAng ($r_s=0.587$, $p=0.000$) and LBI ($r=0.773$, $p=0.000$).

Transcutaneous oxygen saturation and pulse rate

There was a significant increase in SpO₂ measured after all breathing exercises (DB: 93 ± 2 x 96 ± 2 , Triflo II: 93 ± 2 x 96 ± 2 , Voldyne: 94 ± 3 x 96 ± 2 , $p=0.000$ for all comparisons). Pulse rate was measured using the same instrument used to measure SpO₂ and was analyzed as a complementary result, although it was not an objective of this study. A significant decrease in pulse rate occurred after DB (86 ± 12 x 83 ± 11 , $p=0.038$), with no significant differences after Triflo II (86 ± 11 x 83 ± 11 , $p=0.112$) and Voldyne (86 ± 11 x 85 ± 11 , $p=0.215$).

DISCUSSION

The present study was conducted to evaluate the influence of three different breathing exercises frequently used in the treatment of post-operative patients on breathing pattern and thoracoabdominal motion variables measured in subjects with obesity following open elective gastropasty. The three breathing exercises modified these respiratory variables compared to

breathing at rest, with differences between exercises. In the comparisons between baseline and exercise periods, there were an increase in V_t and a decrease in f during all exercises, with an increase in VE only during exercise with Triflo II; a significant increase in T_i/T_{tot} occurred only during exercise with Voldyne. Considering thoracoabdominal motion, comparisons between baseline and exercises did not showed significant changes in RC/V_t and there was an increase in thoracoabdominal asynchrony during all exercises, with no significant differences between exercises.

As expected in breathing exercises based on deep inspirations^{17, 69}, V_t was significantly higher during all three exercises, with an increase approximately 2 to almost 3 times during exercises compared to baseline. A higher V_t leads to a higher inspiratory pressure that may enable increased retractive forces by the transpulmonary pressure to reopen collapsed alveoli, thus leading to an increased recruitment of alveoli^{17, 69}. This is especially important considering that respiratory alterations caused by abdominal surgery can be more pronounced in subjects with obesity, which can further increase the occurrence of alveolar collapse. A combination of factors like lower lung and chest wall compliance, higher lung resistance and an overstretch of diaphragm may influence respiratory system in obese, resulting in decreased lung volumes and capacities, especially expiratory reserve volume and functional residual capacity^{41, 42, 70}. These alterations can help to explain results of the study of Eichenberger *et al*⁴⁰, who assessed the occurrence of pulmonary atelectasis using computed tomography after laparoscopic cholecystectomy and observed that subjects with obesity presented more atelectasis than healthy subjects and atelectasis remained unchanged after 24 hours while there was a complete resorption in non-obese.

Comparisons between exercises showed a significantly higher V_t during exercise with both incentive spirometers compared to DB. It can be speculated that this difference can partially be explained by the way of performing IS: subject inspired through mouth via a mouthpiece connected to a tube. It can represent an increase in dead space and cause an increase in V_t ^{49, 52, 71}.

Besides this, during IS there are a target to achieve and a feedback, which can function as a motivation factor, while during DB there is not^{27, 72}.

A decrease in f occurred during all exercises compared to baseline, as expected during deep and slow inspirations. Comparisons between exercises showed a significantly lower f during exercise with Voldyne when compared to Triflo II. A significant increase in VE occurred only during exercise with Triflo II with respect to baseline, and a significantly higher VE was observed during exercise with Triflo II and Voldyne when compared to DB. A higher VE can contribute to a decreased risk of hypoxemia⁷³. However, considering VE as a product of V_t and f , a higher VE during exercise with Triflo II was mainly influenced by a higher f . During deep and slow inspirations, a low f is expected with the objective to contribute to a uniform distribution of inspired gas through pulmonary parenchyma when the flow rate is low. As f increases, ventilation tends to be higher where there is a lower resistance to airflow⁷⁴. Besides this, high values of f contribute to increase work of breathing^{41, 74}.

An additional increase in work of breathing can be prejudicial in subjects with obesity, especially on post-operative period, because obesity *per se* causes an increase in work of breathing and cost of breathing, consequent to altered lung and chest wall components^{41, 70, 75}. During IS, an additional imposed work of breathing is generated by the device and it depends on constructional characteristics such as the diameter of the spirometer cylinder and the shape and weight of the plate or the ball that is lifted by inspiratory effort³⁴. Elevated levels of additional imposed work of breathing were observed during flow-oriented IS compared to volume-oriented IS in lung model³⁴ and in patients on post-operative period³⁵. Considering these aspects, a more adequate performance during deep and slow inspirations on postoperative period seems to have been easily reached with volume-oriented IS compared to flow-oriented IS.

Considering time components of breathing pattern, there was increase in T_i during DB and Voldyne, in T_e and T_{tot} during all breathing exercises, and in T_i/T_{tot} during exercise with Voldyne with respect to baseline. Mean values of T_i/T_{tot} observed in this study at rest and during exercises

were similar to values found by Olsen *et al*²⁷, who assessed breathing pattern of subjects with obesity at rest and during different breathing exercises, including deep breathing, using body plethysmography. In our study, an increase in T_{tot} during DB and Voldyne was caused by increases in T_i and T_e , while during exercises with Triflo II, there was not a significant increase in T_i . This can be related to a higher f and can represent a disadvantage with respect to the other exercises. In the other hand, a significantly higher T_i/T_{tot} during exercise with Voldyne can be considered an advantage.

There was a higher V_t/T_i during exercise with Triflo II when compared to DB. It is known that when inspiratory flow is too fast, it makes an uniform distribution of the inspired gas difficult and compromises ventilation on pulmonary basis⁷⁴. It has to be considered, however, that during exercise with Triflo II, subjects were instructed to keep the third ball at the bottom of the chamber, so inspiratory flow was pre-determined during this exercise differently from the other exercises. Although a limitation was imposed with respect to inspiratory flow during exercise with Triflo II, f was not controlled and was higher during this exercise. Another aspect to be considered related to V_t/T_i during exercise with Triflo II is that the majority of subjects raised only the first ball, what corresponds to an inspiratory flow rate of 600ml/s according to manufacturer but do not correspond to mean value of V_t/T_i obtained. This difference between performed and measured parameter during IS was already observed in previous studies^{37, 76}.

Anyone of the exercises caused statistically significant changes in RC/V_t when compared to baseline. Movement of rib cage was predominant with respect to abdominal motion during baseline and especially during exercises. Considering that the measurement of regional excursion of the chest and abdomen is a possible assessment of altered gas distribution, the predominant movement of rib cage can be related to larger ventilation at upper parts of lungs and lower ventilation on pulmonary basis²⁹. The instruction given to subjects to try to displace abdomen more than rib cage during exercises, and additionally the manual stimulus during DB, did not cause an increase in abdominal displacement. Different factors related to upper abdominal surgery

and/or obesity may have contributed to this fact, like higher abdominal pressure and a diaphragmatic dysfunction^{14, 15, 38}. According to the researched literature, no previous studies evaluated thoracoabdominal motion in subjects with obesity after surgery, so there was a lack of data for comparisons. Chuter *et al*¹⁶, in a study about the effects of IS on diaphragmatic function after cholecystectomy, observed a decrease in relative contribution in abdominal compartment to Vt during IS compared with baseline.

Considering thoracoabdominal asynchrony, there was a significant increase in PhRIB during DB and Triflo II and a significant increase in PhAng during exercise with Triflo II and Voldyne when compared to baseline, without significant differences between exercises. High values of RC/Vt were correlated with high values of PhRIB, PhAng and LBI, parameters related to thoracoabdominal asynchrony. Tobin *et al*⁷⁷ reported an elevated thoracoabdominal asynchrony associated with higher respiratory load and also an increase in rib cage motion and in the variability of this measure associated with elevation of respiratory load. Deep breathing exercises may represent an additional load to the respiratory system of obese, influenced by deposition of fat over chest wall, what can lead to a change in the balance of recoil elastic between chest wall and lung, changes in chest wall compliance, and impairment of muscle strength^{78, 79}. Values of thoracoabdominal asynchrony observed during baseline seems to be above those found in previous studies in healthy subjects and closely to values reported for subjects with respiratory dysfunction^{51, 80}. Sackner *et al*⁵¹ and Bloch *et al*⁸⁰ observed, in healthy subjects at supine position, PhAng of 9.4 ± 5.6 (mean \pm SD) and PhAng of 8 ± 4 , respectively. One aspect that occurred particularly with thoracoabdominal motion variables was a greater variability with respect to breathing pattern variables. Another particularity occurred during DB; in some cases thoracoabdominal asynchrony and irregularities were so elevated that analysis of data could not be performed. This result represented a negative aspect associated with DB.

Overend *et al*⁷, in a systematic review, concluded that the balance of evidence does not support the use of IS for preventing PPC following cardiac or upper abdominal surgery. These

authors pointed out, however, that the absence of important information regarding methodological concerns could have contributed for these results, *e.g.* few studies had an untreated control group.

One of the studies with untreated control group was performed by Olsen *et al*¹², who carried out a randomized controlled trial to assess the clinical benefit and physiological effects of prophylactic chest physiotherapy in open major abdominal surgery. These authors reported that chest physiotherapy given to patients before major abdominal surgery effectively reduced the risk of PPC. The rate of these complications decreased by a factor of 4.5 in all patients and by a factor of 3.4 in high risk patients. In obese patients, this factor was 7.0, indicating a particularly beneficial effect of chest physiotherapy in this group. Obese patients aged less than 50 years were by definition at low risk but had a higher incidence of PPC than patients with normal weight. Eichenberger *et al* reported a higher rate of atelectasis in patients with obesity compared to non-obese subjects. These results give support to the view that obesity is an important risk factor, and that chest physiotherapy is indicated.

The end-inspiratory pause is an important component of deep breathing exercises indicated to prevent atelectasis and is so important as reached inspiratory volume. In this study, subjects were instructed to perform exercises without end-inspiratory pause because of the difficult to control its duration, and this can be considered a limitation of the study. In previous studies, the end-inspiratory pause was associated with increases in arterial oxygen tension^{81, 82}. Since it was observed a significant increase in SpO₂ after all breathing exercises, it seems that the lack of end-inspiratory pause did not represent a major problem for subjects of this study.

Pain is one of the factors that can contribute to alterations in respiratory mechanics during post-operative period^{14, 38}. In this study, pain was not a limiting factor for performing the respiratory exercises. Only one subject was excluded because of a level of pain above 5 in the pain scale, and this subject was excluded even before trying to perform the first exercise.

This study was designed based on repeated measures, which decrease influence of whether patient-related (*e.g.* age, body composition, or concomitant pulmonary disease) or care-related (*e.g.* type and duration of anesthesia or analgesia, duration of surgery), that are supposed to have

an impact on the efficacy of breathing exercises. Assigning each subject to all treatments is a way of controlling the effects of the individual differences. Each subject serves as his or her own control, and the within subject or error variance can be decreased. It is fairly safe assumption that important subject characteristics, such as age, sex, motivation and level of comprehension, remain constant throughout the course of experiment. One disadvantage of the repeated measures approach is the potential for carryover effects when one subject is exposed to multiple treatment conditions⁸³. To reduce carryover effects, 5 min of baseline separated the three breathing exercises and the order of exercises was randomized. Another methodological aspect that should be considered is the use of Bonferroni correction of significance level when necessary, dividing the desired alpha by the number of comparisons and then avoiding an increase in probability of occurrence of type I error^{67, 68}.

It is known that body position can influence breathing pattern and thoracabdominal motion. All subjects were positioned in semirecumbent position with an angle of 30° of inclination and this was based on results of previous studies. Melendez *et al*³³ observed a greater abdominal motion during IS after thoracotomy in patients positioned at 30° compared to 60°. In a previous study, our group observed a greater abdominal motion during volume-oriented IS performed by healthy subjects at 30° compared to 45°. A greater abdominal movement can be considered an important factor during breathing exercises indicated to prevent atelectasis, since it occurs mainly on pulmonary basis^{14-16, 28}.

The choice of the incentive spirometers used was based on previous results obtained in studies about breathing pattern during IS^{36, 37} and on the fact that these incentive spirometers are commonly used in our clinical settings. Some studies demonstrated differences between volume and flow-oriented incentive spirometers and in general results were favorable to volume-oriented devices³⁴⁻³⁷, what was again observed in the present study. However, flow-oriented devices are more frequently used in clinical practice, probably because it is less expensive than volume-oriented devices.

CONCLUSION

The results of this study give a contribution on comprehension about the influence of three different ways of performing deep and slow inspirations on breathing exercise performance on post-operative period. The mechanisms involved during deep breathing exercises may partly be explained by the changes in breathing pattern and thoracoabdominal motion. Considering the variables analyzed during breathing exercises and physiologic basis of these chest physiotherapy techniques, best performance occurred during volume-oriented IS. Differences between breathing exercises and their potential impact on therapeutic efficacy should be considered in clinical practice.

Table 1: Demographic data and smoking history in a group of 24 subjects with obesity.

Demographic variables	Data
Female : Male	18 : 6
Age (years)	36.71 ± 11.33 (19 – 65)
Weight (Kg)	123.15 ± 21.34 (86 – 175)
Height (m)	1.67 ± 0.13 (1.44 – 1.92)
BMI (Kg/m²)	44.03 ± 3.07 (38 – 51)
Smoking (n, %)	
Never	15 (62.50 %)
Ex	8 (33.33 %)
Current (sporadic smoker)	1 (4.16 %)

BMI: body mass index. Data of age, weight, height and BMI are presented as mean ± SD and range (in parenthesis).

Table 2: Breathing pattern variables obtained by respiratory inductive plethysmography during baseline, diaphragmatic breathing (DB), flow-oriented incentive spirometry (Triflo II) and volume-oriented incentive spirometry (Voldyne) in a group of 24 subjects with obesity after gastroplasty.

Variables	Baseline n = 24	DB n = 19	Triflo II n = 22	Voldyne n = 22
Vt (ml)	384.99 ± 71.65	753.43 ± 363.20 *	951.04 ± 253.29 * §	1042.04 ± 377.62 * †
f (bpm)	20.86 ± 7.26	9.66 ± 2.27 *	13.06 ± 5.50 *	9.84 ± 3.65 * #
VE (l/min)	7.64 ± 2.11	6.98 ± 2.65	12.05 ± 4.83 * §	9.83 ± 3.74 †
Ti (s)	1.37 ± 0.66	2.86 ± 0.88 *	2.43 ± 1.28	3.19 ± 1.19 *
Te (s)	2.08 ± 1.17	3.75 ± 0.99 *	3.00 ± 1.31 *	3.73 ± 1.40 *
Ttot (s)	3.46 ± 1.80	6.61 ± 1.55 *	5.44 ± 2.14 *	6.91 ± 2.37 * #
Ti/Ttot	0.40 ± 0.04	0.43 ± 0.08	0.44 ± 0.10	0.46 ± 0.07 *
Vt/Ti (ml/s)	315.53 ± 80.97	295.30 ± 145.72	480.88 ± 221.45 §	373.12 ± 168.44

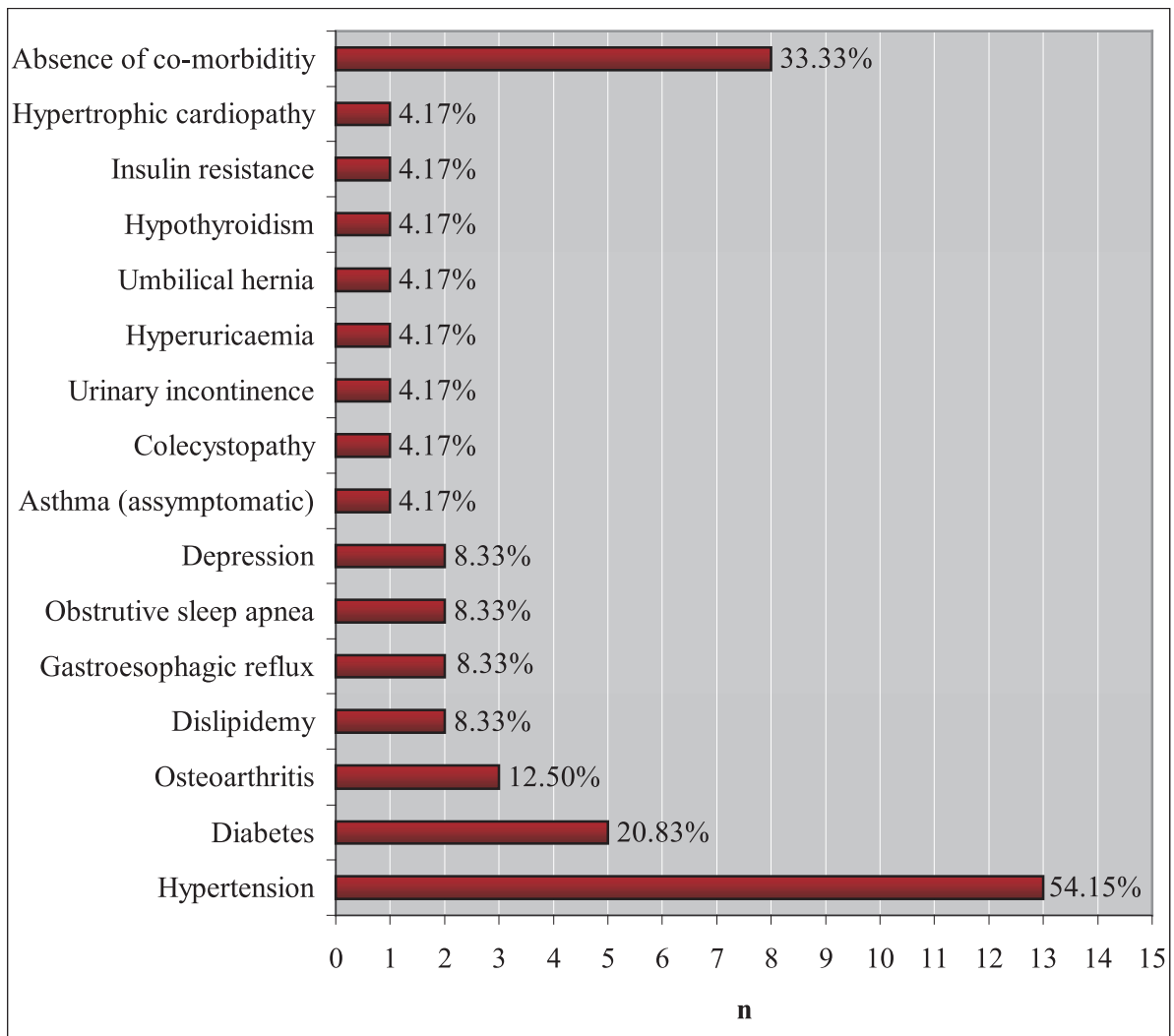
Vt: tidal volume, *f*: respiratory frequency, VE: minute ventilation, Ti: inspiratory time, Te: expiratory time, Ttot: total respiratory time, Ti/Ttot: inspiratory duty cycle, Vt/Ti: mean inspiratory flow. Data are presented as mean ± SD. Comparisons were performed with ANOVA for repeated measures and Tukey *post hoc* test (data normally distributed: VE, Ti, Te, Ti/Ttot, Vt/Ti), or Friedman and Wilcoxon (data not normally distributed: Vt, *f*, Ttot). Level of significance (α) was set at 0.05 and adjusted for 0.008 with Bonferroni correction ($0.05/6 = 0.008$). Statistically significant difference: * baseline *versus* breathing exercise; § DB versus Triflo II; † DB versus Voldyne; # Triflo II versus Voldyne.

Table 3: Thoracoabdominal motion variables obtained by respiratory inductive plethysmography during baseline, diaphragmatic breathing (DB), flow-oriented incentive spirometry (Triflo II) and volume-oriented incentive spirometry (Voldyne) in a group of 24 subjects with obesity after gastroplasty.

Variables	Baseline n = 24	DB n = 19	Triflo II n = 22	Voldyne n = 22
RC/Vt (%)	59.19 ± 24.67	75.52 ± 32.91	81.71 ± 29.49	71.34 ± 29.09
PhRIB (%)	24.55 ± 18.81	43.79 ± 18.28 *	41.22 ± 20.53 *	35.45 ± 16.93
PhAng (°)	32.79 ± 39.29	72.85 ± 55.52	70.25 ± 54.25 *	54.56 ± 43.29 *
LBI	1.25 ± 0.13	1.37 ± 0.15	1.35 ± 0.25	1.29 ± 0.14

RC/Vt: rib cage motion contribution to tidal volume, PhAng: phase angle, PhRIB: inspiratory phase relation, LBI: labor breathing index. Data are presented as mean ± SD. Comparisons were performed with ANOVA for repeated measures and Tukey *post hoc* test (data normally distributed: RC/Vt), or Friedman and Wilcoxon (data not normally distributed: PhRIB, PhAng, LBI). Level of significance (α) was set at 0.05 and adjusted for 0.008 with Bonferroni correction ($0.05/6 = 0.008$). Statistically significant difference: * baseline *versus* breathing exercise.

Figure 1: Co-morbidities associated with obesity in subjects evaluated on second post-operative day of gastroplasty.



REFERENCES

- (1) Grant-Paterson L, Moodie NB. Incentive spirometry: an adjunct to chest physiotherapy. *Physiotherapy Canada* 1985;37:388-93.
- (2) Scuderi J, Olsen GN. Respiratory therapy in the management of postoperative complications. *Respiratory Care* 1989;34:281-91.
- (3) Brooks D, Crowe J, Kelsey CJ, Lacy JB, Parsons J, Solway S. A clinical practice guideline on peri-operative cardiorespiratory physical therapy. *Physiotherapy Canada* 2001;53:9-25.
- (4) Craig DB. Postoperative recovery of pulmonary function. *Anesth Analg* 1981;60:46-52.
- (5) Rezaiguia S, Jayr C. Prevention of respiratory complications after abdominal surgery. *Ann Fr Anesth Reanim* 1996;15:623-46.
- (6) Gosselink R, Schrever K, Cops P et al. Incentive spirometry does not enhance recovery after thoracic surgery. *Crit Care Med* 2000;28:679-83.
- (7) 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;120:971-8.
- (8) Celli BR, Rodriguez KS, Snider GL. A controlled trial of intermittent positive pressure breathing, incentive spirometry, and deep breathing exercises in preventing pulmonary complications after abdominal surgery. *Am Rev Respir Dis* 1984;130:12-5.
- (9) Pereira ED, Fernandes AL, da Silva AM, de Araujo PC, Atallah AN, Faresin SM. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *São Paulo Med J* 1999;117:151-60.
- (10) Filardo FA, Faresin SM, Fernandes ALG. Validade de um índice prognóstico para ocorrência de complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgia abdominal alta. *Rev Assoc Med Bras* 2002;48:209-16.
- (11) Marini JJ. Postoperative atelectasis: pathophysiology, clinical importance, and principles of management. *Respiratory Care* 1984;29:516-22.
- (12) Olsen MF, Hahn SI, Lonroth H, Lundholm K. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *British Journal of Surgery* 1997;84:1535-8.
- (13) Bartlett RH, Gazzaniga AB, Geraghty TR. Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications. A critical review. *JAMA* 1973 14;224:1017-21.
- (14) Simonneau G, Vivien A, Sartene R et al. Diaphragm dysfunction induced by upper abdominal surgery. *Am Rev Respir Dis* 1983;128:899-903.
- (15) Dureil B, Cantineau JP, Desmots JM. Effects of upper or lower abdominal surgery on diaphragmatic function. *Br F Anaesth* 1987;59:1230-5.
- (16) Chuter TAM, Weisman C, Starker P, Gump FE. Effect of incentive spirometry on diaphragmatic function after surgery. *Surgery* 1989;105:488-93.
- (17) Bakow ED. Sustained maximal inspiration - a rationale for its use. *Respiratory Care* 1977;22:379-82.

- (18) Stock MC, Downs JB, Cooper RB et al. Comparison of continuous airway positive pressure, incentive spirometry, and conservative therapy after cardiac operations. *Critical Care Medicine* 1984;12:969-72.
- (19) Stock MC, Downs JB, Gauer PK, Alster JM, Imrey PB. Prevention of postoperative pulmonary complications with CPAP, incentive spirometry, and conservative therapy. *Chest* 1985;87:151-7.
- (20) Davies BL, MacLeod JP, Ogilvie HM. The efficacy of incentive spirometers in post-operative protocols for low-risk patients. *Can J Nurs Res* 1990;22:19-36.
- (21) Vilaplana J, Sabate A, Ramon R, Gasolibe V, Villalonga R. Ineffectiveness of incentive spirometry as coadjuvant of conventional physiotherapy for the prevention of postoperative respiratory complications after thoracic and esophageal surgery. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1990;37:321-5.
- (22) Hall JC, Tarala R, Harris J, Tapper J, Christiansen K. Incentive spirometry versus routine chest physiotherapy for prevention of pulmonary complications after abdominal surgery. *Lancet* 1991;337:953-6.
- (23) Crowe JM, Bradley CA. The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery. *Phys Ther* 1997;77:260-8.
- (24) Chumillas S, Ponce JL, Delgado F, Viciano V. Prevention of postoperative pulmonary complications through respiratory rehabilitation: a controlled clinical study. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:5-9.
- (25) Brasher PA, McClelland KH, Denehy L, Story I. Does removal of deep breathing exercises from a physiotherapy program including pre-operative education and early mobilization after cardiac surgery alter patient outcomes? *Aust J Physiother* 2003;49:165-73.
- (26) 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;74:3-10.
- (27) Olsen MF, Lonroth H, Bake B. Effects of breathing exercises on breathing patterns in obese and non-obese subjects. *Clin Physiol* 1999;19:251-7.
- (28) Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Hedenstierna G, Tenling A. The immediate effects of deep breathing exercises on atelectasis and oxygenation after cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* 2003;37:363-7.
- (29) Roussos CS, Fixley M, Genest J et al. Voluntary factors influencing the distribution of inspired gas. *Am Rev Respir Dis* 1977;116:457-67.
- (30) Shulman SM, Chuter T, Weissman C. Dynamic respiratory patterns after laparoscopic cholecystectomy. *Chest* 1993;103:1173-7.
- (31) Jenkins SC, Soutar SA, Loukota JM, Johnson LC, Moxham J. Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? *Thorax* 1989;44(8):634-9.
- (32) Hall JC, Tarala RA, Tapper J, Hall JL. Prevention of respiratory complications after abdominal surgery: a randomised clinical trial. *BMJ* 1996;312:148-52.
- (33) Melendez JA, Alagesan R, Reinsel R, Weisman C. Postthoracotomy respiratory muscle mechanics during incentive spirometry using respiratory inductance plethysmography. *Chest* 1992;101:432-6.

- (34) Mang H, Obermayer A. Imposed work of breathing during sustained maximal inspiration: comparison of six incentive spirometers. *Respir Care* 1989;34:1122-8.
- (35) Weindler J, Kiefer RT. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest* 2001;119:1858-64.
- (36) Parreira VF, Coelho EM, Tomich GM, Alvim AMA, Sampaio RF, Britto RR. Avaliação do volume corrente e da configuração toracoabdominal durante o uso de espirômetros de incentivo a volume e a fluxo, em sujeitos saudáveis: influência da posição corporal. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2004;8:45-51.
- (37) Parreira VF, Tomich GM, Britto RR, Sampaio RF. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz J Med Biol Res* 2005;38:1105-12.
- (38) Joris J, Kaba A, Lamy M. Postoperative spirometry after laparoscopy for lower abdominal or upper abdominal surgical procedures. *British Journal of Anaesthesia* 1997;79:422-6.
- (39) Brooks-Brunn JA. Predictors of postoperative pulmonary complications following abdominal surgery. *Chest* 1997;111:564-71.
- (40) Eichenberger AS, Proietti S, Wicky S et al. Postoperative pulmonary atelectasis related to morbid obesity is underestimated. *Anesth. Analg.* 95, 1788-1792. 2002. Abstract
- (41) Luce JM. Respiratory complications of obesity. *Chest* 1980;78:626-31.
- (42) Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci* 2001;321:249-79.
- (43) Ramos PL, Gonzáles-Moro JMR, Socorro YR. Obesidad y función pulmonar. *Arch Bronconeumol* 2004;40:27-31.
- (44) Capella JF, Capella RF. The weight reduction operation of choice: vertical banded gastroplasty or gastric bypass? *The American Journal of Surgery* 1996;171:74-9.
- (45) Carry PY, Baconnier P, Eberhard A, Cotte P, Benchetrit G. Evaluation of respiratory inductive plethysmography: accuracy for analysis of respiratory waveforms. *Chest* 1997;111:910-5.
- (46) Caretti DM, Pullen PV, Premo LA, Kuhlman WD. Reliability of respiratory inductive plethysmography for measuring tidal volume during exercise. *Am Ind Hyg Assoc J* 1994;55:918-23.
- (47) Verschakelen JA, Demedts MG. Normal thoracoabdominal motions. Influence of sex, age, posture, and breath size. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:405.
- (48) Mayer OH, Clayton RG, Sr., Jawad AF, McDonough JM, Allen JL. Respiratory inductance plethysmography in healthy 3- to 5-year-old children. *Chest* 2003;124:1812-9.
- (49) Tobin MJ, Chadha TS, Jenouri G, Birch SJ, Gazeroglu HB, Sackner MA. Breathing patterns. 1. Normal subjects. *Chest* 1983;84:202-5.
- (50) Tobin MJ, Chadha TS, Jenouri G, Birch SJ, Gazeroglu HB, Sackner MA. Breathing patterns. 2. Diseased subjects. *Chest* 1983;84:286-94.
- (51) Sackner MA, Gonzalez H, Rodriguez M, Belsito A, Sackner DR, Grenvik S. Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1984;130:588-93.

- (52) Bloch KE, Barandun J, Sackner MA. Effect of mouthpiece breathing on cardiorespiratory response to intense exercise. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1087-92.
- (53) Tamaki A, Kitada A, Matsuo Y, Inoue S, Tsujita J, Hori S. Analysis of thoracoabdominal motion during incremental work cycle exercise. *J Phys Ther Sci* 2000;12:131-5.
- (54) Werchowski JL, Sanders MH, Constantino JP, Scirba FC, Rogers RM. Inductance plethysmograph measurement of CPAP-induced changes in end-expiratory lung volume. *J Appl Physiol* 1990;68:1732-8.
- (55) Courtney SE, Pyon KH, Judy GS, Paresh BP, Habib RH. Lung recruitment and breathing pattern during variable versus continuous flow nasal continuous positive airway pressure in premature infants: an evaluation of three devices. *Pediatrics* 2005;107:308.
- (56) Reber A, Geiduschek JM, Bobbia SA, Bruppacher HR, Frei FJ. Effect of continuous positive airway pressure on the measurement of thoracoabdominal asynchrony and minute ventilation in children anesthetized with sevoflurane and nitrous oxide. *Chest* 2002;122:473-8.
- (57) Sackner MA, Watson H, Belsito AS et al. Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing. *J Appl Physiol* 1989;66:410-20.
- (58) Allen JL, Wolfson MR, McDowell K, Shaffer TH. Thoracoabdominal asynchrony in infants with airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1990;141:337-42.
- (59) Ho K, Spence J, Murphy MF. Review of pain-measurement tools. *Annals of Emergency Medicine* 1996;24:427-32.
- (60) Summers S. Evidence-based practice Part 2: reliability and validity of selected acute pain instruments. *Journal of PeriAnesthesia Nursing* 2006;16:35-40.
- (61) Mader TJ, Blank FSJ, Smithline HA, Wolfe JM. How reliable are pain scores? A pilot study of 20 healthy volunteers. *Journal of Emergency Nursing* 2003;29:322-5.
- (62) Coll AM, Ameen JRM, Mead D. Postoperative pain assessment in day surgery: literature review. *Journal of Advanced Nursing* 2004;46:124-33.
- (63) Gagliese L, Weizblit N, Ellis W, Chan VWS. The measurement of postoperative pain: a comparison of intensity scales in younger and older surgical patients. *Pain* 2005;117:412-20.
- (64) Gosselink HAAM. Breathing exercises in patients with chronic obstructive pulmonary disease - An experimental study on the efficiency and coordination of breathing. Holanda: Vrije Universiteit te Amsterdam; 1991.
- (65) Wojciechowski WV. Incentive spirometers, secretion evacuation devices, and inspiratory muscle training devices. In: Barnes G, editor. *Core text book*. 1 ed. New York: McGraw Hill; 1994. p. 499-522.
- (66) AARC (American Association for Respiratory Care) clinical practice guideline. Incentive spirometry. *Respir Care* 1991;36:1402-5.
- (67) Munro BH. Differences among group means: one-way analysis of variance. In: Munro BH, editor. *Statistical methods for health care research*. 4 ed. Philadelphia: Lippincott; 2000. p. 137-59.
- (68) Browner WS, Newman TB, Cummings SR, Hulley SB. Getting ready to estimate sample size: hypotheses and underlying principles. In: Hulley SB, Cummings SR, editors. *Designing clinical size sample and power*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998. p. 129-38.

- (69) Douce FH. Incentive spirometry and others aids to lung inflation. In: Barnes G, editor. *Core text book*. 1 ed. New York: McGraw Hill; 1994. p. 231-41.
- (70) Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Vicardi P, Gattinoni L. Total respiratory system, lung, and chest wall mechanics in sedated-paralyzed postoperative morbidly obese patients. *Chest* 1996;109:144-51.
- (71) Perez W, Tobin MJ. Separation factor responsible for change in breathing pattern induced by instrumentation. *J Appl Physiol* 1985;59:1515-20.
- (72) Jenkins CS, Soutar SA. A survey into the use of incentive spirometry following coronary artery by-pass graft surgery. *Physiotherapy* 1986;72:492-3.
- (73) West JB. Mecânica da Respiração. *Fisiologia Respiratória Moderna*. São Paulo: Manole LTDA; 1996. p. 83-108.
- (74) Altose MD. Mecânica pulmonar. In: Fishman AP, editor. *Diagnóstico das doenças pulmonares*. 2 ed. São Paulo: Manole; 1992. p. 179-92.
- (75) Kress JP, Pohlman AS, Alverdy J, Hall JB. The impact of morbid obesity on oxygen cost of breathing ($VO_{2\text{RESP}}$) at rest. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:883-6.
- (76) Mang H, Weindler J, Zapf CL. Postoperative atemtherapie mit incentive spirometry. *Anaesthetist* 1989;38:200-5.
- (77) Tobin MJ, Guenther SM, Perez W, Mador MJ. Accuracy of the respiratory inductive plethysmograph during loaded breathing. *J Appl Physiol* 1987;62:497-505.
- (78) Lazarus R, Gore CJ, Booth M, Owen N. Effects of body composition on ventilatory function in adults. *Am J Clin Nutr* 1998;68:35-41.
- (79) Biring MS, Lewis MI, Liu JT, Mohsenifar Z. Pulmonary physiologic changes of morbid obesity. *The American Journal of The Medical Sciences* 1999;318:293-7.
- (80) Bloch KE, Li Y, Zhang J et al. Effect of surgical lung volume reduction on breathing patterns in severe pulmonary emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:553-60.
- (81) Ward RJ, Danziger F, Bonica JJ, Allen GD, Bowes J. An evaluation of postoperative respiratory maneuvers. *Surgery Gynecology & Obstetrics* 1966;51-4.
- (82) Knelson JH, Howatt WF, DeMuth GR. Effect of respiratory pattern on alveolar gas exchange. *J Appl Physiol* 1970;29:328-31.
- (83) Munro BH. Repeated measures analysis of variance. In: Munro BH, editor. *Statistical methods for health and care research*. 4 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 201-21.

Capítulo 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi realizado com o objetivo de comparar exercícios respiratórios freqüentemente utilizados na fisioterapia respiratória para tratamento de pacientes no período pós-operatório. Os exercícios respiratórios avaliados foram: exercício diafragmático, espirometria de incentivo com aparelho orientado a fluxo (*Triflo II*) e espirometria de incentivo com aparelho orientado a volume (*Voldyne*). Esses exercícios são baseados na realização de inspirações profundas e lentas, e têm como objetivo a prevenção de complicações pulmonares pós-operatórias, principalmente atelectasia, situação em que ocorre instabilidade e colapso alveolar.

Variáveis do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal foram mensuradas por meio do sistema de pletismografia respiratória por indutância em indivíduos com obesidade no segundo dia após gastroplastia. Os três exercícios avaliados modificaram variáveis respiratórias em relação aos períodos de respiração em repouso, havendo diferenças entre os exercícios.

Comparações entre os períodos de respiração em repouso com os exercícios mostraram aumento significativo do volume corrente associado a uma diminuição significativa da freqüência respiratória nos três exercícios respiratórios. Espera-se, durante exercícios baseados em inspirações profundas e lentas, aumento da ventilação pulmonar decorrente do aumento no volume corrente e da diminuição da freqüência respiratória. Esse mecanismo leva ao aumento da pressão transpulmonar, por meio da queda de pressão pleural, e ao aumento da capacidade residual funcional, assegurando, assim, maior estabilidade alveolar. Assim, justifica-se a aplicação de tais exercícios na prevenção de atelectasia, especialmente em situações que predispõem à sua ocorrência, como a obesidade.

O sistema respiratório de indivíduos com obesidade apresenta alterações na mecânica respiratória, na força e na resistência dos músculos respiratórios, na hematose e no controle da respiração. A capacidade residual funcional encontra-se reduzida, tanto pela redução do volume de reserva expiratória como pela redução do volume residual, o que sugere um comprometimento restritivo nesses indivíduos. Associado às disfunções respiratórias, indivíduos obesos apresentam risco aumentado de desenvolver complicações pulmonares no período pós-operatório.

Houve aumento significativo da ventilação minuto somente durante o exercício com o espirômetro a fluxo *Triflo II* em comparação com respiração em repouso. Esse aumento da ventilação, a princípio, seria considerado uma vantagem por diminuir o risco de hipoxemia. No entanto, deve-se considerar que esse aumento da ventilação foi decorrente de um nível mais alto de frequência respiratória durante o exercício com o *Triflo II*. Comparações entre exercícios mostraram maior frequência respiratória durante o *Triflo II* em relação ao *Voldyne*.

Níveis altos de frequência respiratória podem dificultar a distribuição uniforme do gás inspirado pelo parênquima pulmonar e podem estar relacionados a um maior trabalho respiratório imposto pelo exercício. Um aumento adicional do trabalho respiratório pode ser prejudicial para indivíduos com obesidade, especialmente no período pós-operatório, pois a obesidade, por si, causa um aumento do trabalho e do custo energético para respirar.

Comparações entre os exercícios mostraram maior volume corrente e maior ventilação pulmonar durante a espirometria de incentivo em comparação com o exercício diafragmático. Pode-se especular que essa diferença possa ser parcialmente explicada por dois aspectos característicos da espirometria de

incentivo: realização da inspiração pela peça bucal; existência de uma meta a ser atingida e de um *feedback*, que podem funcionar como motivação adicional.

Considerando os componentes de tempo do padrão respiratório, houve aumento significativo do tempo inspiratório durante o exercício diafragmático e *Voldyne*. O fato de não ter havido aumento significativo do tempo inspiratório durante exercício com *Triflo II* pode estar relacionado com uma maior frequência respiratória; esses fatores podem representar desvantagens com relação aos outros exercícios. Houve aumento significativo da razão do tempo inspiratório pelo tempo total somente durante exercício com *Voldyne* em comparação com respiração em repouso, e esse resultado pode ser considerada uma vantagem.

Considerando as variáveis de movimento toracoabdominal, comparações entre respiração em repouso e exercícios não mostraram diferenças significativas na contribuição da caixa torácica para o volume corrente e houve aumento significativo da assincronia toracoabdominal durante todos os exercícios, sem diferenças entre os mesmos. Os exercícios podem ter representado uma carga adicional imposta ao sistema respiratório de indivíduos com obesidade, influenciado pela deposição de gordura na caixa torácica.

Os resultados desse estudo mostram que os mecanismos envolvidos em exercícios respiratórios baseados em inspirações profundas e lentas no pós-operatório podem ser parcialmente explicados por mudanças no padrão respiratório e no movimento toracoabdominal. Considerando as variáveis analisadas durante os exercícios e os princípios fisiológicos dos mesmos, a melhor performance ocorreu durante o uso do espirômetro de incentivo a volume. Sugere-se que as diferenças entre os exercícios e o potencial impacto dessas diferenças na eficácia terapêutica sejam considerados na prática clínica.

ANEXO I

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Este projeto faz parte da linha de pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório do Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Título: PADRÃO RESPIRATÓRIO DE PACIENTES OBESOS EM PRÉ E PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA BARIÁTRICA DURANTE REPOUSO, EXERCÍCIO RESPIRATÓRIO DIAFRAGMÁTICO E ESPIROMETRIA DE INCENTIVO.

Objetivo da pesquisa: Avaliar o padrão respiratório de pacientes obesos antes e após a cirurgia bariátrica, durante respiração em repouso e durante a realização de diferentes formas de exercício respiratório usados na fisioterapia respiratória.

Responsável: Profa. Dra. Verônica Franco Parreira - Departamento de Fisioterapia / Universidade Federal de Minas Gerais.

Antes de autorizar a participação neste Projeto de Pesquisa é necessário que o Sr (a) leia atentamente e compreenda as explicações sobre os procedimentos, benefícios, riscos e desconfortos da pesquisa.

Procedimentos:

Caso aceite participar, irá submeter-se aos seguintes procedimentos:

- 1) Medidas de peso e altura, em uma balança.

- 2) Avaliação das pressões respiratórias: para realizar esses exames o Sr (a) deverá fazer inspirações e expirações profundas e rápidas em um equipamento de medida específico.

- 3) Avaliação do padrão respiratório: o Sr (a) ficará deitado numa maca, e deverá permanecer nesta posição por aproximadamente 10 minutos mantendo a respiração tranqüila. Após esse tempo, o Sr (a) será orientado a realizar três exercícios de respiração, com período de descanso entre cada um. Essa avaliação será realizada antes e após a cirurgia.

Não será utilizado nenhum instrumento invasivo durante a realização durante a realização dessas medidas, ou seja, não haverá elementos perfurocortantes, como seringas, ou ingestão de outras substâncias que não sejam suas medicações habituais. Além dessas explicações você tem o direito de solicitar outros esclarecimentos à pesquisadora.

Benefícios: As medidas obtidas nesse estudo contribuirão para compreender melhor as alterações da respiração decorrentes da obesidade e o que ocorre com a respiração antes e após a cirurgia bariátrica e durante diferentes exercícios respiratórios. Esse conhecimento pode servir de referência para outros estudos na área da saúde e ajudar a conhecer melhor diferentes formas de tratamento da Fisioterapia Respiratória.

Possíveis Riscos: O estudo não oferece riscos significativos, visto que não há nenhum procedimento invasivo ou desgastante para os participantes.

Participação: Sua participação é voluntária e não lhe trará nenhum gasto financeiro nem lhe será paga nenhuma quantia. O Sr (a) poderá interromper a sua participação a qualquer momento, durante a coleta de dados.

A PESQUISA NÃO REVELARÁ A IDENTIDADE DOS PARTICIPANTES.

Li e entendi as informações acima. Este formulário está sendo assinado voluntariamente por mim, indicando meu consentimento em participar do estudo.

Belo Horizonte _____ de _____ de 2004.

_____ (participante)

_____ (pesquisadora)

Telefones para contato:

Coordenadora: 34994783 / 91190808 (Departamento de Fisioterapia e celular).

Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG: 34994592.

ANEXO II

Parecer nº: ETIC 528/04

**Interessadas: Verônica Franco Parreira
Geórgia Miranda Tomich
EEFFTO - UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP, aprovou no dia 30 de março de 2005, o projeto de pesquisa intitulado « **Exercício respiratório diafragmático e espirometria de incentivo no pós-operatório de cirurgia bariátrica de pacientes obesos** » bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do referido projeto

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


Prof. Dra. Maria Elena de Lima Perez Garcia
Presidente do COEP/UFMG