

Efeitos de exercícios respiratórios sobre o padrão respiratório e movimento toracoabdominal após gastroplastia*

Effects of breathing exercises on breathing pattern and thoracoabdominal motion after gastropasty

Georgina Miranda Tomich, Danielle Corrêa França, Marco Túlio Costa Diniz, Raquel Rodrigues Britto, Rosana Ferreira Sampaio, Verônica Franco Parreira

Resumo

Objetivo: Avaliar o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal durante exercícios respiratórios. **Métodos:** Vinte e quatro pacientes com obesidade de nível II e III (18 mulheres; 6 homens) foram estudados no segundo dia pós-operatório após gastroplastia. A média de idade era de 37 ± 11 anos, e a média de IMC era de 44 ± 3 kg/m². Exercício diafragmático, espirometria de incentivo orientada a fluxo e espirometria de incentivo orientada a volume foram realizados em ordem aleatória. A pletismografia respiratória indutiva foi utilizada para avaliar variáveis do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal. **Resultados:** As comparações entre os exercícios demonstraram diferenças significativas: maior volume corrente durante a espirometria de incentivo orientada a fluxo ou orientada a volume (vs. exercício diafragmático), menor frequência respiratória durante a espirometria de incentivo orientada a volume (vs. espirometria de incentivo orientada a fluxo), e maior ventilação minuto durante a espirometria de incentivo orientada a fluxo ou orientada a volume (vs. exercício diafragmático). O movimento toracoabdominal não foi modificado durante os exercícios respiratórios e houve um aumento na assincronia toracoabdominal, especialmente durante a espirometria de incentivo orientada a fluxo. **Conclusões:** Entre os exercícios respiratórios avaliados, a espirometria de incentivo orientado a volume forneceu os melhores resultados, pois possibilitou uma inspiração mais lenta e profunda.

Descritores: Exercícios respiratórios; Fisioterapia (Especialidade); Cirurgia bariátrica; Obesidade mórbida.

Abstract

Objective: To evaluate breathing pattern and thoracoabdominal motion during breathing exercises. **Methods:** Twenty-four patients with class II or III obesity (18 women; 6 men) were studied on the second postoperative day after gastropasty. The mean age was 37 ± 11 years, and the mean BMI was 44 ± 3 kg/m². Diaphragmatic breathing, incentive spirometry with a flow-oriented device and incentive spirometry with a volume-oriented device were performed in random order. Respiratory inductive plethysmography was used in order to measure respiratory variables and thoracoabdominal motion. **Results:** Comparisons among the three exercises showed significant differences: tidal volume was higher during incentive spirometry (with the flow-oriented device or with the volume-oriented device) than during diaphragmatic breathing; the respiratory rate was lower during incentive spirometry with the volume-oriented device than during incentive spirometry with the flow-oriented device; and minute ventilation was higher during incentive spirometry (with the flow-oriented device or with the volume-oriented device) than during diaphragmatic breathing. Rib cage motion did not vary during breathing exercises, although there was an increase in thoracoabdominal asynchrony, especially during incentive spirometry with the flow-oriented device. **Conclusions:** Among the breathing exercises evaluated, incentive spirometry with the volume-oriented device provided the best results, because it allowed slower, deeper inhalation.

Keywords: Breathing exercises; Physical therapy (Specialty); Bariatric surgery; Obesity, morbid.

* Trabalho realizado na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.

Endereço para correspondência: Verônica F. Parreira. Universidade Federal de Minas Gerais, DFIT-EEFFTO, Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório, Avenida Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Tel 55 31 3409-4794. Fax 55 31 3409-4783. E-mail: parreira@ufmg.br ou veronica.parreira@pesquisador.cnpq.br

Apoio financeiro: Este estudo recebeu apoio financeiro parcial da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG; processo CDS-APQ-5350-5.01/07) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; processo 309145/2007-4). Geórgia M. Tomich é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Recebido para publicação em 16/7/2009. Aprovado, após revisão, em 5/11/2009.

Introdução

A fisioterapia respiratória, incluindo exercícios de respiração profunda, é parte do tratamento pós-operatório de disfunções respiratórias.⁽¹⁾ As inspirações voluntárias lentas e profundas aumentam a capacidade residual funcional, garantem maior estabilidade alveolar,⁽¹⁾ e podem ser executadas com ou sem dispositivos mecânicos. Inspirações lentas e profundas executadas sem um dispositivo mecânico constituem a base dos exercícios respiratórios, tais como o exercício diafragmático (ED).⁽²⁾ Em contrapartida, a técnica de espirometria de incentivo (EI) pode ser usada.⁽¹⁾

O ED é usado na prática clínica há décadas como um exercício respiratório terapêutico. Estudos anteriores investigaram a eficácia de exercícios de respiração profunda associados a outras formas de tratamento,^(3,4) dificultando o delineamento de seus efeitos.^(5,6) Na década de 70, a EI foi introduzida por Barlett et al.⁽¹⁾ com o propósito de encorajar, por meio de *feedback* visual, a execução da inspiração máxima sustentada.^(1,7) Poucos estudos avaliaram os efeitos específicos do ED^(5,8) ou da EI no período pós-operatório⁽⁹⁻¹¹⁾ ou o impacto do uso de diferentes dispositivos na eficácia terapêutica.⁽¹²⁻¹⁴⁾

O efeito terapêutico e a execução de inspirações lentas e profundas no período pós-operatório podem ser influenciados por diferentes fatores. O impacto da cirurgia abdominal alta na função respiratória é maior que o impacto da cirurgia abdominal baixa. Um dos fatores de risco para complicações pulmonares pós-operatórias (CPPs) descritos na literatura é a obesidade,⁽¹⁵⁾ uma doença que pode causar efeitos adversos no sistema respiratório devido a alterações na mecânica respiratória, nas trocas gasosas pulmonares e no controle da respiração.^(16,17) Um grupo de autores⁽¹⁵⁾ avaliou, no período pós-operatório, os efeitos da fisioterapia respiratória em 368 pacientes submetidos a cirurgia abdominal. A incidência de CPPs em pacientes obesos foi maior do que aquela encontrada em pacientes não obesos, e a fisioterapia respiratória teve efeitos particularmente benéficos nos pacientes obesos.

Embora vários esquemas de tratamento tenham sido utilizados, não há ainda nenhum conceito terapêutico específico aceito universalmente.⁽¹⁸⁾ Sabe-se, entretanto, que técnicas ou dispositivos que encorajem o paciente a

executar inspirações profundas são clinicamente importantes⁽¹⁰⁾ e amplamente utilizados. Poucos estudos compararam o ED à EI (ambos baseados em inspirações lentas e profundas), e nenhum deles incluiu pacientes obesos.

O objetivo deste estudo foi avaliar, no período pós-operatório, o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal durante a respiração em repouso, o ED, a EI orientada a fluxo (EIOF) e a EI orientada a volume (EIOV) em pacientes obesos submetidos a gastroplastia, considerando a base fisiológica dessas técnicas.

Métodos

Os participantes foram selecionados entre pacientes obesos que haviam sido internados em um hospital universitário para serem submetidos a gastroplastia eletiva. O critério de inclusão adotado foi ter sido submetido a gastroplastia vertical com bandagem e derivação gástrica em Y-de-Roux (técnica de Capella) por laparotomia. Os critérios de exclusão adotados foram a incapacidade de realizar os procedimentos e intensidade de dor > 5 em uma escala numérica de avaliação. O comitê de ética em pesquisa da instituição aprovou o estudo, e todos os pacientes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

A pletismografia respiratória por indutância (PRI; Respirtrace; NIMS Inc., Miami, FL, EUA) foi usada para obter o padrão respiratório e as variáveis relacionadas ao movimento toracoabdominal. Outros autores utilizaram a PRI para avaliar o padrão respiratório de indivíduos saudáveis ou doentes.⁽¹⁹⁾ Faixas de indutância de tamanho apropriado, cobertas por teflon, foram colocadas ao redor da caixa torácica e do abdome; a borda superior da faixa da caixa torácica foi colocada ao nível da axila, e a faixa abdominal foi colocada ao nível da cicatriz umbilical.⁽¹³⁾ O procedimento de calibragem foi realizado por meio de calibragem diagnóstica qualitativa.⁽²⁰⁾

Determinamos os valores individuais de volume corrente (VC), frequência respiratória (FR), ventilação-minuto (V_E), tempo inspiratório (T_I), tempo expiratório (T_E), tempo total do ciclo respiratório (T_{tot}), razão do tempo inspiratório pelo tempo total do ciclo respiratório (T_I/T_{tot}), fluxo inspiratório médio (VC/T_I), contribuição do movimento da caixa torácica para o VC ($\%CT/VC$), relação de fase inspiratória (RFI), ângulo de

fase (AF) e índice de trabalho respiratório (ITR). As três últimas variáveis refletem assincronia toracoabdominal.⁽¹⁹⁾

Os dados foram coletados no segundo dia pós-operatório e incluíram sexo, idade, peso, altura, índice de massa corpórea (IMC) e histórico de tabagismo, bem como histórico médico atual e progresso. Também foram coletadas informações a respeito da cirurgia. As faixas do equipamento de PRI foram posicionadas com os pacientes sentados na cama. Posteriormente, por meio de um goniômetro, mediu-se um ângulo de 30° entre a cabeceira da cama e uma linha horizontal. Os pacientes foram então instruídos a deitar-se confortavelmente em uma posição semirreclinada, evitando qualquer mudança de posição do corpo durante o registro.

Enquanto executavam os três exercícios respiratórios, todos os pacientes foram instruídos a inspirar lenta e profundamente, tentando deslocar mais o abdome do que a caixa torácica, e expirar. Durante o ED, os pesquisadores posicionavam suas mãos abaixo do rebordo costal inferior do paciente, que era instruído a inspirar, a maximizar o deslocamento abdominal e a evitar o movimento da caixa torácica.⁽²⁾ Durante a EIOF e a EIOV (espirômetros TriFlo II e Voldyne, respectivamente; Hudson RCI, Temecula, CA, EUA), os pacientes foram instruídos a inspirar por meio de um bocal.

Um programa gerador de números aleatórios feito sob medida (MatLab, Natick, MA, EUA) foi usado para determinar a ordem em que os exercícios respiratórios seriam realizados. Após a calibragem do equipamento de PRI, foram realizados registros durante um período basal de no mínimo 4 min, após o qual o primeiro exercício respiratório selecionado aleatoriamente (ED, EIOF ou EIOV) era realizado. Antes de cada um dos dois exercícios respiratórios remanescentes, novos dados basais eram coletados. Para cada exercício, foram registrados de 5 a 10 ciclos. Imediatamente antes de cada um dos três exercícios respiratórios e imediatamente após cada um deles, a intensidade da dor era medida.

O tamanho da amostra foi calculado com base em um estudo-piloto envolvendo os 10 primeiros pacientes. Levando-se em conta um nível de significância de 0,05 e um poder de 0,80, determinou-se que o tamanho mínimo da amostra deveria ser de 23 participantes. Os dados são apresentados como médias e desvios-

padrão. A análise da distribuição dos dados foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. As comparações entre os valores basais ou entre os valores basais e aqueles obtidos com os exercícios foram realizadas por meio de ANOVA para medidas repetidas, com a correção de Bonferroni, considerando o número de comparações feitas ($\alpha = 0,017$ entre períodos basais e $\alpha = 0,008$ entre valores basais e aqueles obtidos com os exercícios). O teste post hoc de Tukey ou os testes de Friedman e Wilcoxon foram usados para comparações pareadas. As correlações foram testadas por meio de *r* de Pearson ou *r* de Spearman. O nível de significância adotado foi de 0,05. Os dados foram analisados por meio do programa *Statistical Package for the Social Sciences*, versão 10 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados

Foram incluídos 26 pacientes com obesidade de nível II (IMC entre 35,0 e 39,9 kg/m² associado a comorbidades) ou obesidade de nível III (IMC ≥ 40 kg/m²) que tinham sido internados em um hospital universitário para serem submetidos a gastroplastia eletiva. Dois pacientes foram excluídos pelos seguintes motivos: o nível de dor relatado foi > 5 mesmo antes dos exercícios (1 paciente); e houve problemas técnicos durante o procedimento de calibragem (1 paciente).

Foram estudados, portanto, 24 pacientes (18 mulheres e 6 homens; média de idade = 37 ± 11 anos; média de peso = 123 ± 21 kg; média de altura = $1,67 \pm 0,13$ m; e média de IMC = 44 ± 3 kg/m²). Comorbidades associadas à obesidade estavam presentes em 16 pacientes (54% dos quais apresentaram hipertensão). A média de duração da cirurgia foi de 144 ± 24 min, e a média de duração da anestesia foi de 170 ± 32 min. As medicações foram administradas de acordo com protocolos médicos. No período pós-operatório, os profissionais do hospital empregaram protocolos de fisioterapia quando necessário.

Os dados de 23 pacientes foram obtidos durante os três períodos basais e os três períodos de exercícios respiratórios. Um dos pacientes não foi capaz de realizar nem o terceiro período basal nem o terceiro exercício respiratório (EIOF) devido a sonolência. Alguns períodos de registro da PRI durante a execução dos exercícios respiratórios tiveram que ser excluídos da análise devido ao

Tabela 1 – Variáveis respiratórias durante o período basal, o exercício diafragmático, a espirometria de incentivo orientada a fluxo e a espirometria de incentivo orientada a volume após gastroplastia.^{a,*}

Variável	Período basal	ED	EIOF	EIOV
	(n = 24)	(n = 19)	(n = 22)	(n = 22)
VC, mL	384,99 ± 71,65	753,43 ± 363,20**	951,04 ± 253,29**,**	1042,04 ± 377,62**,**
FR, ciclos/min	20,86 ± 7,26	9,66 ± 2,27**	13,06 ± 5,50**	9,84 ± 3,65**,**
V _E , L/min	7,64 ± 2,11	6,98 ± 2,65	12,05 ± 4,83**,**	9,83 ± 3,74**
T _I , s	1,37 ± 0,66	2,86 ± 0,88**	2,43 ± 1,28	3,19 ± 1,19**
T _E , s	2,08 ± 1,17	3,75 ± 0,99**	3,00 ± 1,31**	3,73 ± 1,40**
T _{tot} , s	3,46 ± 1,80	6,61 ± 1,55**	5,44 ± 2,14**	6,91 ± 2,37**,**
T _I /T _{tot}	0,40 ± 0,04	0,43 ± 0,08	0,44 ± 0,10	0,46 ± 0,07**
VC/T _I , mL/s	315,53 ± 80,97	295,30 ± 145,72	480,88 ± 221,45**	373,12 ± 168,44
%CT/VC	59,19 ± 24,67	75,52 ± 32,91	81,71 ± 29,49	71,34 ± 29,09
RFI, %	24,55 ± 18,81	43,79 ± 18,28**	41,22 ± 20,53**	35,45 ± 16,93
AF, °	32,79 ± 39,29	72,85 ± 55,52	70,25 ± 54,25**	54,56 ± 43,29**
ITR	1,25 ± 0,13	1,37 ± 0,15	1,35 ± 0,25	1,29 ± 0,14

ED: exercício diafragmático; EIOF: espirometria de incentivo orientada a fluxo; EIOV: espirometria de incentivo orientada a volume; VC: volume corrente; FR: frequência respiratória; V_E: ventilação-minuto; T_I: tempo inspiratório; T_E: tempo expiratório; T_{tot}: tempo total do ciclo respiratório; T_I/T_{tot}: razão do tempo inspiratório pelo tempo total do ciclo respiratório; VC/T_I: fluxo inspiratório médio; %CT/VC: contribuição da caixa torácica para o volume corrente; AF: ângulo de fase; RFI: relação de fase inspiratória; e ITR: índice de trabalho respiratório. ^aDados apresentados como média ± dp. *As comparações foram realizadas por meio de ANOVA para medidas repetidas ($\alpha = 0,008$), teste post hoc de Tukey (V_E, T_I, T_E, T_I/T_{tot}, VC/T_I e %CT/VC) ou testes de Friedman e Wilcoxon (VC, FR, T_{tot}, RFI, AF e ITR). **Diferença estatisticamente significativa vs. período basal. ***Diferença estatisticamente significativa vs. ED. ****Diferença estatisticamente significativa vs. EIOF.

número excessivo de artefatos e irregularidades: 5 durante o ED; 1 durante a EIOF; e 2 durante a EIOV. Foram analisados 274 ciclos durante os períodos de exercício respiratório: 82 ciclos durante o ED; 99 durante a EIOF; e 93 durante a EIOV. Com relação aos três períodos basais, foram analisados 1.658 ciclos respiratórios: 581 ciclos durante o primeiro período basal; 559 durante o segundo período basal; e 518 durante o terceiro período basal, com um valor médio de 23 ± 7 ciclos por paciente. Para a obtenção dos dados basais, foram calculadas as médias das últimas medidas de um minuto de cada período de estado constante.

Com relação aos dados basais, ao padrão respiratório e ao movimento toracoabdominal, não houve diferenças significativas entre os três períodos basais para as seguintes variáveis respiratórias: VC; FR; V_E; %CT/VC; e AF (p = 0,028; p = 0,438; p = 0,132; p = 0,676; e p = 0,878, respectivamente). Portanto, a análise foi realizada considerando os dados obtidos durante o primeiro período basal.

A Tabela 1 mostra os dados a respeito do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal durante o período basal e durante os três períodos de exercício respiratório. As comparações entre os valores basais e aqueles

obtidos com exercício respiratório revelaram um aumento significativo de VC e uma diminuição significativa de FR durante todos os exercícios (p < 0,001), com um aumento significativo de V_E apenas durante a EIOF (p = 0,006). Houve um aumento de T_I durante o ED e a EIOV (p < 0,001); de T_E e de T_{tot} durante todos os exercícios respiratórios (p = 0,006); e de T_I/T_{tot} apenas durante a EIOV (p = 0,006). As comparações entre os três tipos de exercício revelaram que o VC foi maior durante a EIOF e a EIOV do que durante o ED (p = 0,002 e p = 0,001, respectivamente). Além disso, a FR foi mais baixa durante a EIOV do que durante a EIOF (p = 0,004), e a V_E foi maior durante a EIOF e a EIOV do que durante o ED (p = 0,005 e p = 0,001, respectivamente). O T_{tot} foi maior durante a EIOV do que durante a EIOF (p = 0,005). Mais ainda, o VC/T_I foi maior durante a EIOF do que durante o ED (p = 0,005). A maioria dos pacientes foi capaz de erguer apenas a primeira bola durante a EIOF.

Não houve alterações significativas nem na %CT/VC (p = 0,021) nem no ITR (p = 0,069) quando os valores basais foram comparados àqueles obtidos com exercício respiratório. Com relação a RFI e AF, variáveis relacionadas à assincronia toracoabdominal, houve um aumento significativo de RFI durante o ED e a

EIOF ($p = 0,007$ e $p = 0,001$, respectivamente) e um aumento significativo de AF durante a EIOF e a EIOV em relação ao período basal ($p = 0,001$ e $p = 0,007$, respectivamente). As comparações entre os exercícios não revelaram nenhuma diferença significativa. A análise das correlações entre a %CT/VC e outras variáveis relacionadas ao movimento toracoabdominal, baseada nos valores basais e naqueles obtidos com exercício respiratório, revelou significativas correlações positivas, variando de moderadas a fortes. Valores elevados de %CT/VC correlacionaram-se com valores elevados de RFI ($r = 0,837$; $p < 0,001$), AF ($r = 0,587$, $p < 0,001$) e ITR ($r = 0,773$; $p < 0,001$).

Discussão

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de três exercícios respiratórios diferentes sobre variáveis relacionadas ao padrão respiratório e ao movimento toracoabdominal, medidas no período pós-operatório em pacientes obesos submetidos a gastroplastia eletiva por laparotomia. Os três exercícios respiratórios causaram alterações nessas variáveis respiratórias em relação à respiração em repouso, havendo diferenças entre os exercícios. As comparações entre os períodos basais e de exercício revelaram um aumento de VC e uma diminuição de FR durante todos os exercícios. Entretanto, houve um aumento de V_E apenas durante a EIOF, bem como um aumento significativo de T_i/T_{tot} apenas durante a EIOV. A combinação entre VC elevado, FR baixa e T_i/T_{tot} elevada deve ser considerada como o melhor desempenho durante esses exercícios respiratórios. No presente estudo, tal resultado foi alcançado durante a EIOV. Com relação ao movimento toracoabdominal, não houve alterações significativas na %CT/VC, e houve um aumento da assincronia toracoabdominal durante todos os exercícios, sem diferenças entre eles.

Conforme se espera que ocorra em exercícios respiratórios baseados em inspirações profundas,⁽²¹⁾ o VC foi significativamente maior durante os três exercícios, com um aumento que variou de duas a quase três vezes durante os exercícios em comparação aos períodos basais. Quanto maior a pressão transpulmonar, maior o VC, o que pode reabrir alvéolos colapsados e conseqüentemente levar a um aumento do recrutamento de alvéolos.^(7,21) Isso é especialmente

importante se considerarmos que as alterações respiratórias causadas pela cirurgia abdominal podem ser mais acentuadas em pacientes obesos, o que pode aumentar ainda mais a ocorrência de colapso alveolar. Uma combinação de fatores como menor complacência dos pulmões e da parede torácica, maior resistência pulmonar e distensão exagerada do diafragma pode influenciar o sistema respiratório de pacientes obesos, resultando em diminuição de volume e capacidade pulmonares, especialmente da capacidade residual funcional.^(16,22)

As comparações entre os três exercícios revelaram que o VC foi significativamente maior durante a EIOF e a EIOV do que durante o ED. Especula-se que tal diferença possa ser parcialmente atribuída à maneira como a EI foi realizada: o paciente inspirava pela boca por meio de um bocal conectado a um tubo. Isso pode aumentar o espaço morto, aumentando assim o VC.⁽²³⁾ Além disso, durante a EI, há uma meta a ser atingida e o paciente recebe *feedback*, o que pode funcionar como um fator motivacional. Durante o ED, esse fator não está presente.⁽⁵⁾

Conforme se espera que ocorra durante inspirações lentas e profundas, a FR foi menor durante todos os exercícios do que durante o período basal. As comparações entre os exercícios revelaram que a FR foi significativamente menor durante a EIOV do que durante a EIOF. Apenas durante a EIOF ocorreu um aumento significativo de V_E em relação aos valores basais, e a V_E foi significativamente maior durante a EIOF e a EIOV do que durante o ED. Uma V_E maior pode diminuir o risco de hipoxemia.⁽²⁴⁾ Entretanto, considerando-se que a V_E seja um produto de VC e de FR, o aumento de V_E durante a EIOF foi determinado principalmente pelo aumento de FR. Durante inspirações lentas e profundas (isto é, quando o fluxo é baixo), espera-se uma FR baixa a fim de contribuir para uma distribuição uniforme do gás inalado no parênquima pulmonar. À medida que a FR aumenta, a ventilação tende a ser maior em locais em que a resistência das vias aéreas é menor. Portanto, valores elevados de FR contribuem para um aumento do trabalho respiratório.⁽²²⁾

Um aumento adicional do trabalho respiratório pode ser prejudicial em pacientes obesos, especialmente no período pós-operatório, porque a obesidade em si causa um

aumento do trabalho respiratório e do custo de oxigênio da respiração, em consequência de alterações em componentes do pulmão e da parede torácica.^(22,25) Durante a EI, o dispositivo impõe trabalho respiratório adicional, que depende de algumas características, como o diâmetro do cilindro do espirômetro, a forma/peso da placa e a bola que é erguida por meio do esforço inspiratório. Demonstrou-se que, no período pós-operatório, os níveis de trabalho respiratório adicional imposto são mais elevados durante a EIOF do que durante a EIOV.⁽¹²⁾ Portanto, um desempenho mais adequado durante inspirações lentas e profundas no período pós-operatório parece ser mais facilmente alcançado com a EIOV do que com a EIOF.

Com relação às variáveis de tempo relacionadas ao padrão respiratório, houve aumentos (de T_1 durante o ED e a EIOV; de T_E e de T_{tot} durante todos os exercícios respiratórios; e de T_V/T_{tot} durante a EIOV) em relação aos valores basais. No presente estudo, os valores médios de T_V/T_{tot} em repouso e durante os exercícios foram similares àqueles encontrados por um grupo de autores⁽⁵⁾ que avaliaram os padrões respiratórios de pacientes obesos em repouso e durante diferentes exercícios respiratórios (incluindo a respiração profunda), por meio de pletismografia de corpo inteiro. Em nosso estudo, o aumento de T_{tot} durante o ED e a EIOV foi causado pelos aumentos de T_1 e de T_E , ao passo que não houve nenhum aumento significativo de T_1 durante a EIOF. Isso pode estar relacionado a uma FR mais elevada e pode ser uma desvantagem do ED e da EIOV. Entretanto, uma T_V/T_{tot} significativamente mais elevada durante a EIOV pode ser considerada uma vantagem.

O VC/T_1 foi maior durante a EIOF do que durante o ED. Sabe-se que um fluxo inspiratório demasiadamente rápido interfere na distribuição uniforme do gás inalado e prejudica a ventilação na base dos pulmões.⁽²⁶⁾ Outro aspecto a ser considerado está relacionado a VC/T_1 durante a EIOF: a maioria dos pacientes foi capaz de erguer apenas a primeira bola, o que corresponde a um fluxo inspiratório de 600 mL/s de acordo com o fabricante, mas não corresponde ao valor médio de VC/T_1 obtido. Essa diferença entre o que foi executado e o que foi medido durante a EI foi relatada anteriormente.⁽¹⁴⁾

Todos os exercícios causaram alterações estatisticamente significantes na $\%CT/VC$ em

relação aos valores basais. O movimento da caixa torácica predominou sobre o movimento abdominal durante o período basal e, especialmente, durante os exercícios. Considerando que a aferição da excursão regional do tórax e do abdome é um potencial meio de se detectar alterações na distribuição de gás, a predominância do movimento da caixa torácica pode estar relacionada a uma maior ventilação nas partes superiores dos pulmões e a uma menor ventilação na base dos pulmões.⁽⁸⁾ Os pacientes foram instruídos a tentar deslocar o abdome mais do que a caixa torácica durante os exercícios. Adicionalmente, houve um estímulo manual durante o ED, o que evitou um aumento do deslocamento abdominal. Diferentes fatores relacionados à cirurgia abdominal alta ou à obesidade, como pressão abdominal mais elevada e disfunção diafragmática, podem ter contribuído para isso.^(27,28) Com base em nossa revisão da literatura, nenhum estudo anterior avaliou, no período pós-operatório, o movimento toracoabdominal em pacientes obesos submetidos a cirurgia. Portanto, faltaram dados para traçar comparações.

Com relação à assincronia toracoabdominal, houve um aumento significativo de RFI durante o ED e a EIOF, bem como um aumento significativo de AF durante a EIOF e a EIOV em relação aos respectivos valores basais, sem diferenças significativas entre os três exercícios. Quando os valores dessas variáveis são maiores durante os exercícios do que em repouso, a assincronia toracoabdominal é maior. Valores elevados de $\%CT/VC$ correlacionaram-se com valores elevados de RFI, AF e ITR, que são parâmetros relacionados à assincronia toracoabdominal. Outro grupo de autores⁽²⁹⁾ relatou que tanto o aumento da assincronia toracoabdominal como o aumento do movimento da caixa torácica e da variabilidade do movimento da caixa torácica estavam associados ao aumento da carga respiratória. Exercícios de respiração profunda podem representar uma carga adicional ao sistema respiratório de pacientes obesos, influenciada pela deposição de gordura sobre a parede torácica, o que pode levar a uma alteração no equilíbrio de recolhimento elástico entre a parede torácica e o pulmão, bem como a alterações na complacência da parede torácica e ao comprometimento da força muscular.⁽³⁰⁾

Em um estudo controlado,⁽¹⁵⁾ relatou-se que a fisioterapia respiratória empregada antes de cirurgia abdominal de grande porte reduziu de maneira efetiva o risco de CPPs. A taxa de ocorrência dessas complicações diminuiu em 4,5 vezes em todos os pacientes e em 3,4 vezes em pacientes de alto risco. Em pacientes obesos, a taxa de ocorrência dessas complicações diminuiu em 7,0 vezes, indicando que a fisioterapia respiratória teve um efeito particularmente benéfico nesse grupo.

A pausa inspiratória, a fim de prevenir atelectasias, é um componente importante dos exercícios de respiração profunda e é tão importante como o volume inspiratório alcançado.⁽⁷⁾ No presente estudo, os pacientes foram instruídos a realizar exercícios sem pausas inspiratórias devido à dificuldade em controlar sua duração; isso pode ser considerado uma limitação do estudo.

Em conclusão, dentre os exercícios respiratórios avaliados, a EIOV forneceu os melhores resultados, pois permitiu inspirações mais lentas e profundas. Esses resultados contribuem para a compreensão da influência que três exercícios respiratórios, nos quais inspirações lentas e profundas são executadas, exercem sobre pacientes obesos submetidos a gastroplastia. Tanto as diferenças entre os exercícios respiratórios como seu potencial impacto sobre a eficácia terapêutica devem ser considerados na prática clínica de acordo com as metas clínicas.

Referências

1. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Geraghty TR. Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications. A critical review. *JAMA*. 1973;224(7):1017-21.
2. Gosselink HA. Breathing exercises in patients with chronic obstructive pulmonary disease - An experimental study on the efficiency and coordination of breathing [thesis]. Amsterdam: Vrije Universiteit te Amsterdam; 1991.
3. 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(4):19-36.
4. Brasher PA, McClelland KH, Denehy L, Story I. Does removal of deep breathing exercises from a physiotherapy program including pre-operative education and early mobilisation after cardiac surgery alter patient outcomes? *Aust J Physiother*. 2003;49(3):165-73.
5. Olsén MF, Lönroth H, Bake B. Effects of breathing exercises on breathing patterns in obese and non-obese subjects. *Clin Physiol*. 1999;19(3):251-7.
6. 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(6):363-7.
7. Bakow ED. Sustained maximal inspiration--a rationale for its use. *Respir Care*. 1977;22(4):379-82.
8. Roussos CS, Fixley M, Genest J, Cosio M, Kelly S, Martin RR, etc. Voluntary factors influencing the distribution of inspired gas. *Am Rev Respir Dis*. 1977;116(3):457-67.
9. Pasquina P, Tramèr MR, Granier JM, Walder B. Respiratory physiotherapy to prevent pulmonary complications after abdominal surgery: a systematic review. *Chest*. 2006;130(6):1887-99.
10. Haeffener MP, Ferreira GM, Barreto SS, Arena R, Dall'Ago P. Incentive spirometry with expiratory positive airway pressure reduces pulmonary complications, improves pulmonary function and 6-minute walk distance in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Am Heart J*. 2008;156(5):900.e1-900.e8.
11. Freitas ER, Soares BG, Cardoso JR, Atallah AN. Incentive spirometry for preventing pulmonary complications after coronary artery bypass graft. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;(3):CD004466.
12. Weindler J, Kiefer RT. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001;119(6):1858-64.
13. Tomich GM, França DC, Diório AC, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Braz J Med Biol Res*. 2007;40(10):1409-17.
14. 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(7):1105-12.
15. Fagevik Olsén M, Hahn I, Nordgren S, Lönroth H, Lundholm K. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *Br J Surg*. 1997;84(11):1535-8.
16. Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001;321(4):249-79.
17. Teixeira CA, Dos Santos JE, Silva GA, de Souza ES, Martinez JA. Prevalence of and the potential pathophysiological mechanisms involved in dyspnea in individuals with class II or III obesity. *J Bras Pneumol*. 2007;33(1):28-35.
18. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest*. 2001;120(3):971-8.
19. Sackner MA, Gonzalez H, Rodriguez M, Belsito A, Sackner DR, Grenvik S. Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1984;130(4):588-93.
20. Sackner MA, Watson H, Belsito AS, Feinerman D, Suarez M, Gonzalez G, et al. Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing. *J Appl Physiol*. 1989;66(1):410-20.
21. Douce FH. Incentive spirometry and others aids to lung inflation. In: Barnes TA, editor. *Core Textbook of Respiratory Care Practice*. New York: Mosby; 1994. p. 231-41.
22. Luce JM. Respiratory complications of obesity. *Chest*. 1980;78(4):626-31.

23. Perez W, Tobin MJ. Separation of factors responsible for change in breathing pattern induced by instrumentation. *J Appl Physiol.* 1985;59(5):1515-20.
24. West JB. Mecânica da Respiração. In: West JB, editor. *Fisiologia Respiratória Moderna.* São Paulo: Manole; 1996. p. 83-108.
25. 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(1):144-51.
26. Altose MD. Mecânica pulmonar. In: Fishman AP, editor. *Diagnóstico das doenças pulmonares.* São Paulo: Manole; 1992. p. 179-92.
27. Simonneau G, Vivien A, Sartene R, Kunstlinger F, Samii K, Noviant Y, et al. Diaphragm dysfunction induced by upper abdominal surgery. Role of postoperative pain. *Am Rev Respir Dis.* 1983;128(5):899-903.
28. Joris J, Kaba A, Lamy M. Postoperative spirometry after laparoscopy for lower abdominal or upper abdominal surgical procedures. *Br J Anaesth.* 1997;79(4):422-6.
29. Tobin MJ, Guenther SM, Perez W, Mador MJ. Accuracy of the respiratory inductive plethysmograph during loaded breathing. *J Appl Physiol.* 1987;62(2):497-505.
30. Lazarus R, Gore CJ, Booth M, Owen N. Effects of body composition and fat distribution on ventilatory function in adults. *Am J Clin Nutr.* 1998;68(1):35-41.

Sobre os autores

Georgia Miranda Tomich

Fisioterapeuta. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.

Danielle Corrêa França

Fisioterapeuta. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.

Marco Túlio Costa Diniz

Professor Adjunto. Departamento de Cirurgia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.

Raquel Rodrigues Britto

Professora Associada. Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.

Rosana Ferreira Sampaio

Professora Associada. Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.

Verônica Franco Parreira

Professora Associada. Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG) Brasil.