

Mobilidade diafragmática durante espirometria de incentivo orientada a fluxo e a volume em indivíduos sadios*

Diaphragmatic mobility in healthy subjects during incentive spirometry with a flow-oriented device and with a volume-oriented device

Wellington Pereira dos Santos Yamaguti, Eliana Takahama Sakamoto, Danilo Panazzolo, Corina da Cunha Peixoto, Giovanni Guido Cerri, André Luis Pereira Albuquerque

Resumo

Objetivo: Comparar a mobilidade diafragmática de indivíduos sadios durante a espirometria de incentivo orientada a volume, durante a espirometria de incentivo orientada a fluxo e durante exercícios diafragmáticos. Comparar a mobilidade diafragmática entre homens e mulheres durante esses três tipos de exercícios respiratórios.

Métodos: Foram avaliadas a função pulmonar e a mobilidade diafragmática de 17 voluntários sadios adultos (9 mulheres e 8 homens). A avaliação da mobilidade do diafragma foi realizada durante a execução de exercícios diafragmáticos e durante o uso dos dois tipos de espirômetros de incentivo, por meio de um método ultrassonográfico.

Resultados: A mobilidade diafragmática avaliada durante a utilização do espirômetro orientado a volume foi significativamente maior que aquela durante o uso do espirômetro orientado a fluxo ($70,16 \pm 12,83$ mm vs. $63,66 \pm 10,82$ mm; $p = 0,02$). Os exercícios diafragmáticos promoveram maior mobilidade diafragmática do que o uso do espirômetro orientado a fluxo ($69,62 \pm 11,83$ mm vs. $63,66 \pm 10,82$ mm; $p = 0,02$). Durante os três tipos de exercícios respiratórios, a relação mobilidade/CVF foi significativamente maior nas mulheres do que nos homens. **Conclusões:** A espirometria de incentivo orientada a volume e o exercício diafragmático promoveram maior mobilidade diafragmática do que a espirometria de incentivo orientada a fluxo. As mulheres apresentaram um melhor desempenho nos três tipos de exercícios respiratórios avaliados do que os homens.

Descritores: Diafragma; Exercícios respiratórios; Testes de função respiratória; Ultrassonografia; Músculos respiratórios.

(ClinicalTrials.gov identifier: NCT00997737 [http://www.clinicaltrials.gov/])

Abstract

Objective: To compare the diaphragmatic mobility of healthy subjects during incentive spirometry with a volume-oriented device, during incentive spirometry with a flow-oriented device, and during diaphragmatic breathing. To compare men and women in terms of diaphragmatic mobility during these three types of breathing exercises.

Methods: We evaluated the pulmonary function and diaphragmatic mobility of 17 adult healthy volunteers (9 women and 8 men). Diaphragmatic mobility was measured via ultrasound during diaphragmatic breathing and during the use of the two types of incentive spirometers.

Results: Diaphragmatic mobility was significantly greater during the use of the volume-oriented incentive spirometer than during the use of the flow-oriented incentive spirometer (70.16 ± 12.83 mm vs. 63.66 ± 10.82 mm; $p = 0.02$). Diaphragmatic breathing led to a greater diaphragmatic mobility than did the use of the flow-oriented incentive spirometer (69.62 ± 11.83 mm vs. 63.66 ± 10.82 mm; $p = 0.02$). During all three types of breathing exercises, the women showed a higher mobility/FVC ratio than did the men. **Conclusions:** Incentive spirometry with a volume-oriented device and diaphragmatic breathing promoted greater diaphragmatic mobility than did incentive spirometry with a flow-oriented device. Women performed better on the three types of breathing exercises than did men.

Keywords: Diaphragm; Breathing exercises; Respiratory function tests; Ultrasonography; Respiratory muscles.

(ClinicalTrials.gov identifier: NCT00997737 [http://www.clinicaltrials.gov/])

* Trabalho realizado no Serviço de Reabilitação, Hospital Sírio-Libanês, São Paulo (SP) Brasil.

Endereço para correspondência: Wellington Pereira dos Santos Yamaguti. Serviço de Reabilitação São Paulo, Rua Dona Adma Jafet, 91, CEP 01308-050, SP, Brasil.

Tel 55 11 9226-4517. E-mail: wellpsy@usp.br

Apoio financeiro: Este estudo recebeu apoio financeiro do Hospital Sírio-Libanês.

Recebido para publicação em 8/4/2010. Aprovado, após revisão, em 28/7/2010.

Introdução

Pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta ou torácica frequentemente apresentam uma alta incidência de complicações pulmonares no período pós-operatório, tais como hipoxemia, pneumonias e atelectasias.⁽¹⁾ Essas complicações podem aumentar o risco de morbidade e de mortalidade, prolongar os dias de hospitalização e elevar os custos na atenção à saúde desses indivíduos.⁽²⁾ A fisioterapia respiratória tem sido empregada na prevenção e no tratamento dessas complicações e compreende a utilização de diversas técnicas, como exercícios de respiração profunda, respiração diafragmática, técnicas de terapia manual, exercícios com pressão positiva e espirometria de incentivo.⁽³⁾

A espirometria de incentivo consiste na utilização de um equipamento projetado para estimular os pacientes a realizarem inspirações profundas e lentas, por meio de um estímulo visual, seguidas por uma sustentação da inspiração. Os espirômetros de incentivo são portáteis e de fácil manuseio, podendo ser categorizados em orientados a volume ou a fluxo.⁽⁴⁾ Apesar do uso difundido da espirometria de incentivo, algumas revisões sistemáticas têm sugerido que a utilização dessa técnica apresenta poucas evidências de benefícios na prevenção de complicações pós-operatórias.⁽⁵⁻⁷⁾ No entanto, os artigos revisados geralmente demonstram metodologias inadequadas, resultados não comparáveis e, em sua maioria, pouca preocupação em avaliar as bases biomecânicas e fisiológicas dos diferentes tipos de dispositivos com o intuito de melhorar os critérios de indicação de acordo com os objetivos terapêuticos desejados.

Nesse sentido, alguns estudos mostraram que o espirômetro orientado a volume (EV) desenvolve menor trabalho respiratório, quando comparado ao espirômetro orientado a fluxo (EF).⁽⁸⁾ Outros autores verificaram que, durante o uso de EV, ocorre uma maior mobilidade do compartimento abdominal, um menor recrutamento dos músculos acessórios da respiração e um maior volume corrente, quando comparado ao uso do EF.^(9,10) Além dos parâmetros de avaliação citados anteriormente, a mobilidade diafragmática durante o uso de diferentes tipos de espirômetros de incentivo ainda não foi quantificada em estudos anteriores, e o seu reconhecimento poderá contribuir para

o melhor entendimento dos efeitos mecânicos dos dispositivos e de suas indicações na prática clínica. Portanto, o objetivo primário do presente estudo foi comparar a mobilidade diafragmática durante a espirometria de incentivo orientada a volume, durante a espirometria de incentivo orientada a fluxo e durante o exercício diafragmático. Também tivemos como objetivo secundário comparar a mobilidade diafragmática entre homens e mulheres durante a execução dos diferentes exercícios respiratórios.

Métodos

Foi realizado um ensaio clínico aleatorizado do tipo cruzado, envolvendo 17 voluntários saudáveis, sendo 8 homens e 9 mulheres, selecionados para compor a amostra do presente estudo. Todos os participantes deveriam apresentar os seguintes critérios de inclusão: idade entre 18 e 45 anos, prova de função pulmonar normal e índice de massa corpórea (IMC) entre 18,5 e 25 kg/m². Foram excluídos os indivíduos tabagistas, os portadores de doenças cardiorrespiratórias previamente conhecidas, indivíduos que tiveram contato prévio com os dispositivos testados ou aqueles que apresentaram inabilidade para a realização dos testes de avaliação ou dos exercícios respiratórios propostos nesse protocolo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Sírio-Libanês, localizado na cidade de São Paulo (SP), sob o registro HSL2008/26, e todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Inicialmente, os voluntários foram submetidos à prova de função pulmonar que foi realizada no Núcleo Avançado do Tórax da instituição, seguindo as normas preconizadas pelo I Consenso Brasileiro de Espirometria.⁽¹¹⁾ A espirometria forçada e a espirometria lenta foram realizadas com um pletismógrafo de corpo inteiro (Elite D MedGraphics; Medical Graphics Co., St. Paul, MN, EUA). As manobras expiratórias seguiram os critérios de aceitabilidade preconizados pela *American Thoracic Society* e pela *European Respiratory Society*,⁽¹²⁾ sendo escolhida a melhor de três curvas reprodutíveis (variabilidade < 5%). As variáveis analisadas foram CVF e VEF₁ em litros e em porcentagem do previsto segundo o estudo de Pereira et al.⁽¹³⁾ A capacidade vital lenta e a capacidade inspiratória foram expressas

somente em litros, pois ainda não há valores de referência para a população brasileira.

Em um segundo dia, os voluntários foram encaminhados ao Centro de Reabilitação da instituição para a avaliação ultrassonográfica da mobilidade do diafragma. Foi utilizado um ultrassom portátil (Logic 9; GE Healthcare, Milwaukee, WI, EUA), no modo B, com um transdutor convexo de 3,5 MHz posicionado na região subcostal direita, em incidência perpendicular ao eixo crânio-caudal. Uma vez identificado o ramo esquerdo da veia porta, sua posição era demarcada com o cursor durante os padrões respiratórios de expiração e inspiração máximas, sendo o transdutor mantido fixo a um ponto da superfície cutânea pelo examinador. A mensuração da distância entre esses dois pontos, ou seja, do deslocamento crânio-caudal do ramo esquerdo da veia porta, distância essa registrada em milímetros, correspondia à medida da mobilidade diafragmática. Esse método de avaliação foi previamente validado e utilizado em pesquisas anteriores.⁽¹⁴⁻¹⁷⁾ A mobilidade do diafragma foi avaliada durante a execução dos exercícios diafragmáticos e durante o uso do EV e do EF, com os voluntários posicionados em decúbito dorsal e com a elevação de 30° da cabeceira do leito.⁽¹⁸⁾ Os participantes foram randomizados para serem submetidos a umas das seis possíveis sequências de realização dos exercícios. A aleatorização das sequências foi estratificada por um segundo pesquisador (que não teve contato com os participantes) para que as possibilidades de sequências fossem mantidas na mesma proporção. Finalmente, a ordem de realização dos três tipos de exercícios respiratórios foi aleatorizada por meio de um sorteio.

Os exercícios com EV e EF foram realizados de acordo com a *American Association for Respiratory Care*,⁽¹⁹⁾ a qual recomenda que se realizem inspirações profundas e lentas, sustentando a inspiração máxima por, no mínimo, 3 s, com a expiração ocorrendo normalmente. Os participantes seguiram essas normas, além de serem orientados a realizar os exercícios com o uso do diafragma. Foram utilizados os dispositivos orientados a volume (Voldyne; Hudson RCI, Temecula, CA, EUA) e orientado a fluxo (Respirom; Hudson RCI, Temecula, CA, EUA). Para a realização dos exercícios diafragmáticos, os pacientes foram

orientados a promover o relaxamento da porção superior do tórax, ombros e braços, enquanto ocorria a mobilização da porção inferior do tórax e do abdômen durante a inspiração profunda.⁽²⁰⁾ Todos os sujeitos receberam orientações e treinamento sobre como realizar os exercícios diafragmáticos e como utilizar os espirômetros de incentivo um dia antes da avaliação. Cada tipo de exercício respiratório foi realizado até que fossem obtidos três valores reprodutíveis da mobilidade diafragmática (variabilidade < 5%).

O tamanho amostral de 17 sujeitos foi determinado por meio de um teste bicaudal para o cálculo de diferenças de médias, de acordo com os seguintes pressupostos obtidos pela análise dos resultados dos 5 primeiros voluntários: desvio-padrão de 9,10 mm; diferença esperada entre os grupos de 9,70 mm; poder do teste de 80% e nível de significância de 5%, que sugeriu um tamanho amostral de 15 indivíduos. Todos os dados estão descritos pela média \pm dp, e a distribuição dos dados foi avaliada utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk. Para a comparação da mobilidade diafragmática observada durante os três tipos de exercícios respiratórios, foram utilizados o teste ANOVA para medidas repetidas e o teste post hoc de Holm-Sidak. As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SigmaStat, versão 3.5 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA), e adotou-se um nível de significância estatística de $p < 0,05$ para todos os testes.

Resultados

As características antropométricas e os valores da prova de função pulmonar dos voluntários estão descritos na Tabela 1. Observa-se que

Tabela 1 – Características antropométricas e da função pulmonar dos voluntários participantes segundo o gênero.^a

Variáveis	Homens	Mulheres
Idade, anos	23,88 \pm 2,75	30,56 \pm 6,17*
IMC, kg/m ²	23,81 \pm 3,11	22,44 \pm 2,63
VEF ₁ , % do previsto	95,41 \pm 12,52	100,13 \pm 8,07
CVF, % do previsto	93,83 \pm 16,48	98,09 \pm 6,40
VEF ₁ /CVF, %	85,88 \pm 6,06	85,44 \pm 3,88
CVL, L	5,36 \pm 0,89	3,67 \pm 0,24**
CI, L	3,51 \pm 0,65	2,55 \pm 0,16**

IMC: índice de massa corpórea; CVL: capacidade vital lenta; e CI: capacidade inspiratória. ^aValores expressos em média \pm dp. * $p < 0,05$.** $p < 0,001$.

os valores da função pulmonar encontram-se dentro dos valores considerados normais.

Na avaliação da mobilidade diafragmática, houve diferenças estatisticamente significativas entre a mobilidade obtida durante os exercícios com EV e com EF ($70,16 \pm 12,83$ mm vs. $63,66 \pm 10,82$ mm; $p = 0,02$) e entre a mobilidade diafragmática observada durante a realização dos exercícios diafragmáticos e a realização dos exercícios com EF ($69,62 \pm 11,83$ mm vs. $63,66 \pm 10,82$ mm; $p = 0,02$). Não foi observada uma diferença significativa da mobilidade diafragmática entre os exercícios com o uso do EV e os exercícios diafragmáticos ($70,16 \pm 12,83$ mm vs. $69,62 \pm 11,83$; $p = 0,05$). A Figura 1 mostra a mobilidade diafragmática observada durante a realização dos três tipos de exercícios respiratórios.

A mobilidade do diafragma obtida durante a realização dos exercícios diafragmáticos foi utilizada como medida de referência para a comparação dos diferentes espirômetros de incentivo. Para isso, a mobilidade diafragmática observada durante o uso dos espirômetros foi expressa em porcentagem da mobilidade obtida durante os exercícios diafragmáticos (% do ED). Nesse estudo, a mobilidade diafragmática durante a espirometria de incentivo foi considerada satisfatória quando os sujeitos atingiram pelo menos 90% do ED. Foi constatado que 82,35% dos sujeitos atingiram pelo menos 90% do ED quando utilizaram o EV. Em contrapartida, apenas 58,82% dos sujeitos atingiram 90% do ED quando utilizaram o EF. Na Figura 2, é possível observar que, com o uso do EV, os indivíduos atingiram $101,46\% \pm 12,83\%$ da mobilidade obtida durante os exercícios diafragmáticos, enquanto que, com o uso do EF, esses atingiram $91,99\% \pm 10,82\%$ do ED, com diferença significativa ($p = 0,04$).

A Tabela 2 mostra a comparação dos valores da mobilidade diafragmática obtidos para homens e mulheres durante os diferentes exercícios respiratórios. Apesar de as mulheres terem apresentado maior idade e menor CVF em L (Tabela 1), não foi constatada diferenças significativas entre os sexos com relação à mobilidade diafragmática observada durante os diferentes exercícios respiratórios. No entanto, quando a mobilidade diafragmática foi normalizada em relação à CFV em L, observou-se que, em todos os exercícios respiratórios

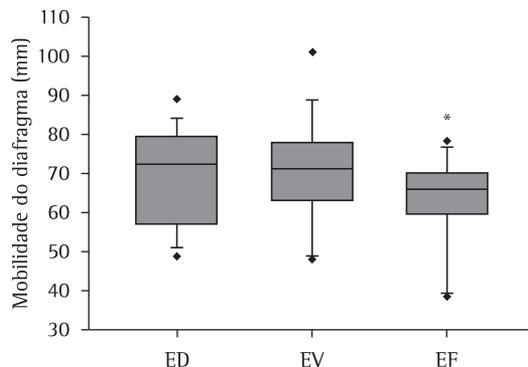


Figura 1 - Mobilidade do diafragma durante os três tipos de exercícios respiratórios: exercícios diafragmáticos (ED), uso de espirômetro orientado a volume (EV) e uso de espirômetro orientado a fluxo (EF). * $p < 0,05$ vs. ED e EV.

avaliados, as mulheres apresentaram maior relação mobilidade/CVF (mm/L) do que os homens (Tabela 3).

Discussão

Sabe-se que as principais complicações no pós-operatório incluem atelectasias, hipoxemia, pneumonia e derrame pleural, sendo que as suas principais causas são anestesia, manipulação no intraoperatório, dor e alteração do padrão respiratório.⁽²¹⁾ Todos esses fatores podem levar o indivíduo a apresentar um padrão de movimento toracoabdominal ineficaz, alterando a distribuição regional da ventilação.⁽¹⁹⁾ A fisioterapia respiratória visa diminuir o risco das

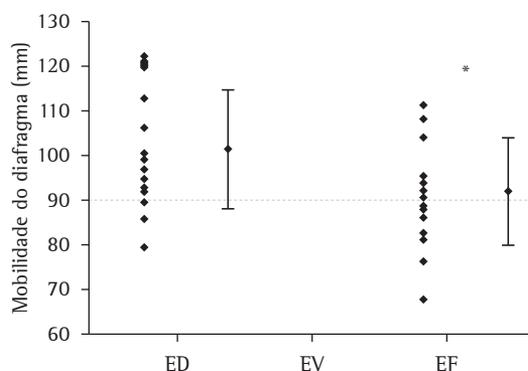


Figura 2 - Comparação, em porcentagem, da mobilidade do diafragma durante o uso de espirômetro de incentivo a volume (EV) e a fluxo (EF) em relação à mobilidade do diafragma obtida durante os exercícios diafragmáticos (ED), considerada a medida de referência (% ED). * $p < 0,05$.

Tabela 2 - Comparação da mobilidade diafragmática durante os exercícios respiratórios entre homens e mulheres.^a

Mobilidade diafragmática	Homens	Mulheres	p
Durante ED, mm	73,26 ± 12,00	66,39 ± 12,10	0,20
Durante o uso de EV, mm	73,28 ± 15,67	67,40 ± 10,79	0,37
Durante o uso de EF, mm	65,26 ± 12,27	62,23 ± 10,58	0,59

ED: exercícios diafragmáticos; EV: espirômetro orientado a volume; e EF: espirômetro orientado a fluxo. ^aValores expressos em média ± dp.

complicações pulmonares pós-operatórias e acelerar a recuperação funcional dos pacientes. Assim, os exercícios respiratórios que maximizam os esforços inspiratórios parecem ser os mais benéficos para os pacientes com risco de complicações pulmonares.⁽²²⁾

O espirômetro de incentivo é um equipamento portátil cuja finalidade principal é promover uma inspiração profunda e lenta, até a capacidade máxima inspiratória, utilizando um estímulo visual aos pacientes de que o fluxo ou o volume desejado foi atingido. Um grupo de autores⁽²³⁾ realizou o seguimento de pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta que foram alocados em dois grupos de intervenção pós-operatória: um grupo realizando padrões inspiratórios e tosse assistida (grupo controle) e outro grupo utilizando essas técnicas associadas à espirometria de incentivo (grupo intervenção). Os resultados demonstraram uma redução no tempo de internação e uma menor incidência de complicações respiratórias no grupo que utilizou a espirometria de incentivo. Outro grupo de autores⁽²⁴⁾ avaliou os efeitos da espirometria de incentivo associada a *expiratory positive air pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória) em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. Os pacientes foram distribuídos aleatoriamente no grupo intervenção (espirometria de incentivo + EPAP) e no grupo controle, que recebeu somente orientações quanto à tosse técnica, mobilização precoce e padrões inspiratórios. Os resultados demonstraram uma recuperação mais rápida da

força muscular respiratória, da função pulmonar e da capacidade funcional no grupo que utilizou a espirometria de incentivo associada a EPAP. Além disso, o grupo que utilizou essa terapia combinada apresentou uma menor incidência de complicações pós-operatórias e menor tempo de internação.

Embora tais resultados tenham sido encontrados, revisões sistemáticas realizadas por dois grupos de autores,^(6,25) os quais avaliaram os efeitos da espirometria de incentivo na prevenção de complicações pulmonares pós-operatórias de cirurgia torácica ou abdominal alta, mostraram que não há evidências que comprovem o benefício no uso dessa técnica nesses pacientes. Porém, os autores enfatizam que os resultados devem ser analisados com cautela, pois o número de pacientes incluídos nos estudos era pequeno, a qualidade metodológica era questionável, ocorrendo a utilização de uma miscelânea de técnicas associadas e comparadas entre si (sem avaliar os efeitos isolados da espirometria de incentivo) e as especificações dos materiais não definiam o tipo de espirômetro de incentivo utilizado. Diante disso, temos dois raciocínios aplicáveis à questão dos resultados não favoráveis das revisões sistemáticas quanto à indicação da espirometria de incentivo. O primeiro é que as revisões apresentam resultados que expressam a realidade e que esse recurso deve ser refutado. O segundo é que as falhas metodológicas citadas acima comprometem significativamente a análise dos resultados e, dessa forma, a questão ainda não está totalmente esclarecida.

Tabela 3 - Comparação da relação mobilidade diafragmática/CVF entre homens e mulheres durante os três tipos de exercícios respiratórios.^a

Mobilidade diafragmática/CVF	Homens	Mulheres	p
Durante ED, mm/L	14,20 ± 2,95	18,05 ± 3,36	0,02
Durante o uso de EV, mm/L	14,21 ± 3,49	18,27 ± 2,50	0,01
Durante o uso de EF, mm/L	12,76 ± 3,34	16,98 ± 3,38	0,02

ED: exercícios diafragmáticos; EV: espirômetro orientado a volume; e EF: espirômetro orientado a fluxo. ^aValores expressos em média ± dp.

Um dos fatores que pode influenciar o sucesso da utilização da espirometria de incentivo na redução das complicações pulmonares pós-operatórias é a indicação correta do equipamento a candidatos com maior potencial de se beneficiarem das propriedades e dos efeitos mecânicos gerados pelo dispositivo. Ao indicarmos a espirometria de incentivo, nos deparamos com dois tipos de espirômetros, um orientado a volume e outro orientado a fluxo inspiratório. Os efeitos sobre a mecânica pulmonar promovidos por eles ainda não estão totalmente definidos. Alguns estudos têm demonstrado diferenças no padrão ventilatório, na movimentação toracoabdominal, no trabalho respiratório e no recrutamento muscular acessório entre os diferentes tipos de espirômetros.⁽⁸⁻¹⁰⁾ No presente estudo, a mobilidade diafragmática foi quantificada por meio da avaliação ultrassonográfica durante o uso dos espirômetros de incentivo. Os resultados demonstraram que, durante o exercício com EV ou os exercícios diafragmáticos, a mobilidade do diafragma foi significativamente maior do que a obtida durante o exercício com EF.

No nosso conhecimento, não existem estudos prévios que tenham avaliado a mobilidade diafragmática durante a utilização de diferentes tipos de espirômetros de incentivo, o que dificulta a análise comparativa dos nossos resultados. No entanto, tem sido demonstrado que a mobilidade do compartimento abdominal apresenta boa correlação com a excursão diafragmática observada durante a respiração profunda em indivíduos saudáveis e que, portanto, a avaliação do deslocamento da parede abdominal pode ser utilizada, de maneira indireta, para avaliar a função diafragmática.⁽²⁶⁾ Em um estudo⁽⁹⁾ verificou-se, por meio da pletismografia respiratória por indutância, um maior movimento do compartimento abdominal durante os exercícios realizados com EV do que com EF. Outro estudo demonstrou que a atividade eletromiográfica dos músculos acessórios da respiração é significativamente maior durante a realização do exercício com EF do que com EV.⁽¹⁰⁾ Nossos resultados corroboram esses achados que demonstraram uma maior mobilidade do diafragma durante a realização dos exercícios com EV.

Quando comparamos o uso do EV com o do EF, tendo como medida de referência o

exercício diafragmático, obtivemos resultados satisfatórios (mobilidade diafragmática > 90% do ED) com ambos os espirômetros; porém, um maior número de indivíduos atingiu o valor satisfatório com o uso do EV do que com o do EF (82,35% vs. 58,82%). Além disso, ao compararmos a porcentagem de mobilidade diafragmática obtida com EV e EF em relação aos exercícios diafragmáticos, observamos uma diferença significativa, com maior mobilidade diafragmática com o uso do EV.

O presente estudo demonstrou que a mobilidade diafragmática durante os diferentes exercícios respiratórios foi menor nas mulheres, mas sem diferenças estatisticamente significativas em relação aos homens. Um grupo de autores⁽²⁷⁾ investigou o padrão e o movimento respiratório de homens e mulheres durante a respiração normal e profunda, e eles identificaram um menor movimento abdominal nas mulheres durante uma respiração profunda, sugerindo uma menor mobilidade do diafragma nessas condições. Alguns autores têm demonstrado uma redução de 11-20% na excursão diafragmática de mulheres durante a respiração profunda em comparação aos homens.^(28,29) No presente estudo, a redução da mobilidade diafragmática nas mulheres (em relação aos homens) durante os exercícios com o uso do EF e com o do EV foi de 5% e 8%, respectivamente. Considerando que durante os exercícios com espirometria de incentivo ocorrem padrões inspiratórios de máxima amplitude, os nossos resultados estão em concordância com os resultados dos estudos citados anteriormente, embora a nossa diferença tenha sido de menor magnitude. A ausência de significância estatística observada no nosso estudo pode ser explicada pelo pequeno número de indivíduos avaliados em cada categoria.

Para tentar compreender melhor a diferença de mobilidade diafragmática entre homens e mulheres durante os diferentes tipos de exercícios respiratórios avaliados neste estudo, realizamos a normalização da mobilidade diafragmática em relação à CVF obtida. Essa análise foi realizada ao considerarmos um estudo prévio, o qual demonstrou a existência de uma correlação significativa entre a mobilidade do diafragma e parâmetros da função pulmonar, incluindo a CVF.⁽³⁰⁾ Os nossos resultados mostraram que a relação mobilidade/CVF obtida (mm/L) foi significativamente maior nas mulheres,

indicando um melhor desempenho em todos os exercícios em comparação aos homens. Um grupo de autores⁽²⁸⁾ relatou que o IMC pode ser considerado outro fator que altera a mobilidade diafragmática de indivíduos saudáveis. No presente estudo, essa variável parece não ter tido influência nos resultados da comparação entre homens e mulheres, já que o IMC foi semelhante entre os grupos.

Uma das limitações do presente estudo é o fato de termos avaliado indivíduos adultos saudáveis, de forma que a relação entre os achados aqui mostrados e a prática clínica ainda não está estabelecida. No entanto, tivemos a preocupação de selecionar indivíduos que não haviam tido contato prévio com os dispositivos testados com o intuito de simular um contexto clínico no qual, frequentemente, o paciente não tem conhecimento prévio do funcionamento dos dispositivos.⁽⁹⁾ Sendo assim, sugerimos que novos estudos sejam realizados com o objetivo de avaliar a mobilidade diafragmática utilizando a espirometria de incentivo em pacientes com risco de complicações pulmonares. Além disso, os efeitos cumulativos do uso das três diferentes abordagens (exercício diafragmático, espirometria orientada a volume e espirometria orientada a fluxo) não influenciaram os resultados, uma vez que a ordem em que foram avaliadas foi aleatorizada. Outra limitação do presente estudo foi o fato de não termos avaliado a mobilidade diafragmática durante o repouso, de modo que a variação obtida com os diferentes exercícios a partir de condições basais não pôde ser determinada.

Os nossos resultados sugerem que a espirometria de incentivo orientada a volume e os exercícios diafragmáticos promovem uma maior mobilidade diafragmática do que a espirometria de incentivo orientada a fluxo. Portanto, a espirometria orientada a volume e os exercícios diafragmáticos parecem ter a mesma eficácia no tratamento das alterações respiratórias, cujo objetivo terapêutico é o incremento da mobilidade diafragmática. Esse critério deve ser considerado para a indicação adequada do tipo de espirômetro de incentivo a ser utilizado na prática clínica. Por fim, também concluímos que as mulheres apresentaram um melhor desempenho em todos os exercícios respiratórios quando comparadas aos homens.

Referências

1. Rock P, Rich PB. Postoperative pulmonary complications. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2003;16(2):123-31.
2. Lawrence VA, Hilsenbeck SG, Mulrow CD, Dhanda R, Sapp J, Page CP. Incidence and hospital stay for cardiac and pulmonary complications after abdominal surgery. *J Gen Intern Med.* 1995;10(12):671-8.
3. 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.
4. Hristara-Papadopoulou A, Tsanakas J, Diomou G, Papadopoulou O. Current devices of respiratory physiotherapy. *Hippokratia.* 2008;12(4):211-20.
5. Thomas JA, McIntosh JM. Are incentive spirometry, intermittent positive pressure breathing, and deep breathing exercises effective in the prevention of postoperative pulmonary complications after upper abdominal surgery? A systematic overview and meta-analysis. *Phys Ther.* 1994;74(1):3-10; discussion 10-6.
6. 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.
7. Guimarães MM, El Dib R, Smith AF, Matos D. Incentive spirometry for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;(3):CD006058.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *J Pneumol.* 1996;22(3):105-64.
12. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38.
13. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406.
14. Toledo NS, Kodaira SK, Massarollo PC, Pereira OI, Mies S. Right hemidiaphragmatic mobility: assessment with US measurement of craniocaudal displacement of left branches of portal vein. *Radiology.* 2003;228(2):389-94.
15. Yamaguti WP, Paulin E, Shibao S, Kodaira S, Chammas MC, Carvalho CR. Ultrasound evaluation of diaphragmatic mobility in different postures in healthy subjects. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):407-13.
16. Paulin E, Yamaguti WP, Chammas MC, Shibao S, Stelmach R, Cukier A, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Respir Med.* 2007;101(10):2113-8.

17. Yamaguti WP, Paulin E, Salge JM, Chammas MC, Cukier A, Carvalho CR. Diaphragmatic dysfunction and mortality in patients with COPD. *J Bras Pneumol*. 2009;35(12):1174-81.
18. Melendez JA, Alagesan R, Reinsel R, Weissman C, Burt M. Postthoracotomy respiratory muscle mechanics during incentive spirometry using respiratory inductance plethysmography. *Chest*. 1992;101(2):432-6.
19. AARC (American Association for Respiratory Care) clinical practice guideline. Incentive spirometry. *Respir Care*. 1991;36(12):1402-5.
20. Cahalin LP, Braga M, Matsuo Y, Hernandez ED. Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with chronic obstructive pulmonary disease: a review of the literature. *J Cardiopulm Rehabil*. 2002;22(1):7-21.
21. Yáñez-Brage I, Pita-Fernández S, Juffé-Stein A, Martínez-González U, Pértega-Díaz S, Mauleón-García A. Respiratory physiotherapy and incidence of pulmonary complications in off-pump coronary artery bypass graft surgery: an observational follow-up study. *BMC Pulm Med*. 2009;9:36.
22. Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Friberg O, Hedenstierna G, Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005;128(5):3482-8.
23. Westwood K, Griffin M, Roberts K, Williams M, Yoong K, Digger T. Incentive spirometry decreases respiratory complications following major abdominal surgery. *Surgeon*. 2007;5(6):339-42.
24. 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.
25. 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.
26. Wang HK, Lu TW, Liing RJ, Shih TT, Chen SC, Lin KH. Relationship between chest wall motion and diaphragmatic excursion in healthy adults in supine position. *J Formos Med Assoc*. 2009;108(7):577-86.
27. Ragnarsdóttir M, Kristinsdóttir EK. Breathing movements and breathing patterns among healthy men and women 20-69 years of age. Reference values. *Respiration*. 2006;73(1):48-54.
28. Kantarci F, Mihmanli I, Demirel MK, Harmanci K, Akman C, Aydogan F, et al. Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with M-mode sonography. *J Ultrasound Med*. 2004;23(2):255-60.
29. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest*. 2009;135(2):391-400.
30. Dos Santos Yamaguti WP, Paulin E, Shibao S, Chammas MC, Salge JM, Ribeiro M, et al. Air trapping: The major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respirology*. 2008;13(1):138-44.

Sobre os autores

Wellington Pereira dos Santos Yamaguti

Mestre em Ciências. Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP) Brasil.

Eliana Takahama Sakamoto

Fisioterapeuta. Serviço de Reabilitação, Hospital Sírio-Libanês, São Paulo (SP) Brasil.

Danilo Panazzolo

Fisioterapeuta. Hospital do Coração de Londrina e Hospital Universitário Regional do Norte do Paraná, Londrina (PR) Brasil.

Corina da Cunha Peixoto

Médica. Setor de Ultrassonografia, Centro de Diagnósticos, Hospital Sírio-Libanês, São Paulo (SP) Brasil.

Giovanni Guido Cerri

Professor Titular. Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; Diretor. Centro de Diagnósticos, Hospital Sírio-Libanês, São Paulo (SP) Brasil.

André Luis Pereira Albuquerque

Médico Responsável. Laboratório de Função Pulmonar, Hospital Sírio-Libanês, São Paulo (SP) Brasil.