

Breathing exercises: influence on breathing pattern and thoracoabdominal motion in healthy subjects

Exercícios respiratórios: influência sobre o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis

Danielle S. R. Vieira¹, Liliane P. S. Mendes², Nathália S. Elmiro³,
Marcelo Velloso⁴, Raquel R. Britto⁴, Verônica F. Parreira⁴

ABSTRACT | Background: The mechanisms underlying breathing exercises have not been fully elucidated. **Objectives:** To evaluate the impact of four on breathing exercises (diaphragmatic breathing, inspiratory sighs, sustained maximal inspiration and intercostal exercise) the breathing pattern and thoracoabdominal motion in healthy subjects. **Method:** Fifteen subjects of both sexes, aged 23 ± 1.5 years old and with normal pulmonary function tests, participated in the study. The subjects were evaluated using the optoelectronic plethysmography system in a supine position with a trunk inclination of 45° during quiet breathing and the breathing exercises. The order of the breathing exercises was randomized. Statistical analysis was performed by the Friedman test and an ANOVA for repeated measures with one factor (breathing exercises), followed by preplanned contrasts and Bonferroni correction. A $p < 0.005$ value was considered significant. **Results:** All breathing exercises significantly increased the tidal volume of the chest wall (V_{cw}) and reduced the respiratory rate (RR) in comparison to quiet breathing. The diaphragmatic breathing exercise was responsible for the lowest V_{cw} , the lowest contribution of the rib cage, and the highest contribution of the abdomen. The sustained maximal inspiration exercise promoted greater reduction in RR compared to the diaphragmatic and intercostal exercises. Inspiratory sighs and intercostal exercises were responsible for the highest values of minute ventilation. Thoracoabdominal asynchrony variables increased significantly during diaphragmatic breathing. **Conclusions:** The results showed that the breathing exercises investigated in this study produced modifications in the breathing pattern (e.g., increase in tidal volume and decrease in RR) as well as in thoracoabdominal motion (e.g., increase in abdominal contribution during diaphragmatic breathing), among others.

Keywords: breathing exercises; rehabilitation; optoelectronic plethysmography; breathing pattern; thoracoabdominal motion; physical therapy.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Vieira DSR, Mendes LPS, Elmiro NS, Velloso M, Britto RR, Parreira VF. Breathing exercises: influence on breathing pattern and thoracoabdominal motion in healthy subjects. *Braz J Phys Ther.* 2014 Nov-Dec; 18(6):544-552. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0048>

RESUMO | Contextualização: Os mecanismos envolvidos na execução dos exercícios respiratórios não foram completamente elucidados. **Objetivos:** Avaliar o impacto de quatro exercícios respiratórios (diafragmático, suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal) sobre o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis. **Método:** Participaram do estudo 15 indivíduos de ambos os sexos ($23 \pm 1,5$ anos com prova de função pulmonar normal). Os indivíduos foram avaliados por meio da pletismografia optoeletrônica na posição supina com inclinação de tronco de 45° durante a respiração tranquila e durante a realização dos exercícios respiratórios. A ordem dos exercícios foi randomizada. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman e ANOVA para medidas repetidas com um fator (exercícios respiratórios) seguidos de contrastes pré-planejados e correção de Bonferroni, sendo $p < 0,005$ considerado significativo. **Resultados:** Todos os exercícios respiratórios promoveram aumento significativo do volume corrente da parede torácica (VC_{pt}) e redução da frequência respiratória (f) quando comparados à respiração tranquila. O exercício diafragmático foi responsável pelo menor VC_{pt} , menor contribuição da caixa torácica e maior contribuição do abdômen. A inspiração máxima sustentada promoveu redução significativamente maior da f comparada aos exercícios diafragmático e intercostal. Os exercícios suspiros inspiratórios e intercostal foram responsáveis pelos maiores valores de ventilação minuto. Os índices de assincronia toracoabdominal aumentaram significativamente durante o exercício

¹Curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Araranguá, SC, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

³Programa de Residência Multiprofissional, Hospital das Clínicas, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

⁴Departamento de Fisioterapia, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

Received: 01/14/2014 Revised: 05/19/2014 Accepted: 05/26/2014

respiratório diafragmático. **Conclusões:** Nossos resultados demonstraram que os exercícios estudados promoveram alterações do padrão respiratório (por exemplo, aumento do volume corrente e diminuição da *f*), assim como do movimento toracoabdominal (por exemplo, maior deslocamento abdominal com o exercício diafragmático); dentre outras.

Palavras-chave: exercícios respiratórios; reabilitação; pletismografia optoeletrônica; padrão respiratório; movimento toracoabdominal; fisioterapia.

● Introdução

Os exercícios respiratórios são técnicas manuais frequentemente utilizadas na prática clínica. Eles podem influenciar o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal, sendo capazes de priorizar um compartimento da parede torácica em relação ao outro e de modificar o grau de participação dos músculos respiratórios¹.

Um dos exercícios respiratórios mais frequentemente estudado e utilizado na prática clínica é o exercício respiratório diafragmático²⁻⁵. Ele objetiva melhorar a ventilação pulmonar, sobretudo nas zonas dependentes dos pulmões, por promover maior deslocamento do compartimento abdominal^{2-4,6}. Outros exercícios também fazem parte das intervenções utilizadas no cotidiano da fisioterapia respiratória. O exercício suspiros inspiratórios e o exercício inspiração máxima sustentada têm o objetivo de aumentar o volume pulmonar e melhorar a hematose^{7,8}, porém utilizando diferentes estratégias: inspirações sucessivas (suspiros inspiratórios) ou um esforço inspiratório máximo (inspiração máxima sustentada). Além desses, o exercício respiratório intercostal enfatiza a atividade dos músculos da caixa torácica (CT), promovendo maior deslocamento desse compartimento^{8,9}. Os exercícios respiratórios suspiros inspiratórios e intercostal foram propostos por Cuello et al.⁸.

Os mecanismos envolvidos na execução desses exercícios respiratórios não foram completamente elucidados, principalmente em relação aos suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal. Visto que a literatura é escassa, os profissionais baseiam-se principalmente nos benefícios observados em sua aplicação ou nos mecanismos propostos pelos seus idealizadores. O entendimento de quais compartimentos da parede torácica são prioritariamente movimentados durante esses exercícios poderá contribuir para embasar a aplicação de um determinado exercício em condições que acometem diferentes regiões pulmonares.

Atualmente, o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal podem ser avaliados pela pletismografia optoeletrônica (POE). Com esse instrumento, é possível analisar de forma tricompartimental as variações de volume, sem a

necessidade de pré-estabelecer graus de liberdade para a parede torácica, possibilitando, assim, um estudo mais minucioso da influência desses exercícios sobre a ventilação dos diferentes compartimentos da parede torácica^{10,11}.

Os exercícios respiratórios avaliados neste estudo foram selecionados por se proporem a priorizar diferentes zonas pulmonares¹. Como o freno-labial^{12,13} é frequentemente utilizado em associação aos exercícios respiratórios na prática clínica, optou-se por incorporá-lo aos exercícios em que a expiração pode ser feita de forma oral.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto dos exercícios respiratórios (diafragmático, suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal) sobre o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis.

● Método

Amostra

Trata-se de um estudo observacional transversal. Os critérios de inclusão foram idade entre 20 e 30 anos; índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 e 29,99 Kg/m²; ausência de distúrbios ventilatórios de qualquer ordem na prova de função pulmonar¹⁴; não relatar a presença de doenças neuromusculares e não ter conhecimento prévio do modo de realização dos exercícios respiratórios. Foi considerado como critério de exclusão a incapacidade de compreender e/ou realizar algum dos procedimentos da coleta de dados. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil (ETIC 0194.0.203.000-11), e todos os indivíduos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Instrumentos de medida

A POE (*BTS Bioengineering*, Milão, Itália) foi utilizada para avaliar o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal. É um instrumento não invasivo^{15,16} que fornece, com acurácia e precisão, uma medida indireta dos volumes absolutos da parede torácica e de seus três compartimentos (CT pulmonar, CT abdominal e abdômen - AB) durante a respiração

tranquila e durante o exercício^{17,18} e em diferentes posições^{15,16,19}. Para isso, são adotados limites anatômicos entre os diferentes compartimentos. O limite entre a CT pulmonar e a CT abdominal está localizado no nível do processo xifoide, enquanto o limite entre a CT abdominal e o AB localiza-se ao longo da margem costal anteriormente e no nível do ponto mais baixo da margem costal inferior posteriormente²⁰. Esse instrumento mede as posições tridimensionais e deslocamentos de cada ponto da parede torácica, que são analisados por meio de seis câmeras sincronizadas que captam a luz de marcadores passivos (esferas plásticas cobertas por papel reflexivo). Quando na posição ortostática ou sentada, os marcadores são distribuídos em 89 pontos e, na posição supina, em 52 pontos, referentes às estruturas anatômicas da CT e do AB^{10,11,20}.

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada em dois dias com um intervalo máximo de uma semana. No primeiro dia, os participantes receberam informações a respeito da pesquisa e, após assinatura do TCLE, responderam a um questionário para coleta de dados clínicos e demográficos. Posteriormente, a massa corporal e a altura foram aferidas por meio de balança calibrada. Após mensuração dos dados iniciais (pressão arterial-PA, frequência respiratória- f , frequência cardíaca-FC e saturação periférica da hemoglobina em oxigênio- SpO_2), os participantes receberam orientações sobre como realizar a prova de função pulmonar (*Vitalograph 2120 Buckingham*, Inglaterra). Após a espirometria, os participantes responderam ao Perfil de Atividade Humana (PAH)²¹. Tanto a espirometria como o PAH foram administrados por um mesmo avaliador.

Em seguida, ensinou-se aos participantes como realizar os exercícios respiratórios. O exercício respiratório diafragmático foi realizado solicitando-se inspiração nasal de forma suave e profunda, priorizando o deslocamento anterior da região abdominal, evitando o deslocamento da CT^{4,22}. Para o exercício suspiros inspiratórios, solicitou-se inspirações nasais breves, sucessivas e lentas até atingir a capacidade inspiratória⁷. O exercício de inspiração máxima sustentada foi realizado com um esforço inspiratório máximo, de forma lenta, pela via nasal, até atingir a capacidade inspiratória máxima, seguido de uma pausa pós-inspiratória de 3 segundos²³. Por fim, o exercício intercostal foi realizado por meio de inspiração nasal, enfatizando o deslocamento da região superior do tórax⁹. Nos três primeiros exercícios (diafragmático, suspiros inspiratórios e inspiração máxima), a expiração foi

realizada usando o freno-labial de maneira suave e controlada, sendo que, no exercício intercostal, a fase expiratória foi nasal, conforme preconizado⁷.

No segundo dia, os 52 marcadores foram posicionados por um mesmo avaliador na parede toracoabdominal anterior em pontos anatômicos pré-estabelecidos. Na sequência, foram realizadas as calibrações estática e dinâmica da POE, conforme protocolo estabelecido²⁰.

Em todas as situações, os indivíduos foram avaliados em decúbito dorsal, com inclinação de 45°, postura em que frequentemente os exercícios respiratórios são realizados no ambiente hospitalar. Foram registrados inicialmente 5 minutos de respiração tranquila, definida pelo padrão respiratório naturalmente adotado pelo indivíduo, seguidos de 5 minutos de um determinado exercício respiratório. Foram realizadas duas séries de 2 minutos para cada exercício, com um intervalo de 1 minuto entre as séries. A segunda série foi utilizada para análise dos dados.

A ordem dos exercícios foi aleatorizada, e os sujeitos receberam a instrução padronizada para cada exercício respiratório, no início e aos 60 segundos de cada série. Todos os exercícios foram instruídos e monitorados por um único avaliador. Um intervalo de pelo menos 10 minutos de repouso foi observado entre cada exercício, objetivando o retorno dos valores de FC, f , SpO_2 e escala de Borg modificada aos valores iniciais.

Variáveis analisadas

As seguintes variáveis foram consideradas: volume corrente da parede torácica- VC_{pt} ; f ; ventilação minuto- \dot{V}_E ; porcentagem de contribuição da CT pulmonar- V_{ctp} %; porcentagem de contribuição da CT abdominal- V_{cta} %; porcentagem de contribuição do AB- V_{ab} % e variáveis relativas ao assincronismo: ângulo de fase-PhAng e relação de fase inspiratória-PhRIB entre a CT e o AB e entre a CT pulmonar e a CT abdominal.

Análise estatística

Devido à ausência, na literatura, de dados necessários para o cálculo amostral, ele foi realizado após avaliação de dez indivíduos para as seguintes variáveis: VC_{pt} , f , V_{ctp} %, V_{cta} %, V_{ab} %. O tamanho de efeito foi estimado por meio da raiz quadrada da soma dos quadrados do fator dividido pela soma dos quadrados do erro. Esses dados foram obtidos a partir da tabela ANOVA gerada por meio do software SPSS (versão 13.0, Chicago, IL, USA). A amostra foi então estimada considerando-se o tamanho de efeito

encontrado para cada variável bem como um nível de significância de 5% e um *power* de 80%²⁴. A amostra foi estimada em, no máximo, dez indivíduos para as variáveis consideradas para o cálculo amostral.

Os dados foram apresentados como medidas de tendência central e dispersão, e a normalidade da distribuição foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk.

Para os dados com distribuição normal, foi utilizada ANOVA para medidas repetidas com um fator (exercícios respiratórios), seguida de contrastes pré-planejados e correção de Bonferroni para ajuste do valor de *p* de acordo com o número de comparações (*n*=10). Para os dados com distribuição diferente de normal, teste não paramétrico análogo (teste de Friedman) foi utilizado. Após ajuste, foi considerado significativo *p*<0,005.

● Resultados

Dos 20 indivíduos recrutados, cinco foram excluídos (três apresentaram distúrbios ventilatórios na prova de função pulmonar, um apresentou IMC acima de 29,99 Kg/m², e um não compareceu no segundo dia de coleta do protocolo). Dessa forma, 15 indivíduos concluíram o estudo. Assim, a amostra avaliada proporcionou um conforto amostral de 50% em relação ao número ideal calculado.

A Tabela 1 descreve os dados demográficos, antropométricos, espirométricos e nível de atividade física dos participantes. Todos apresentaram prova de função pulmonar normal e foram classificados como ativos pelo PAH.

A Figura 1 apresenta os resultados relativos às variáveis do padrão respiratório (VC_{pt} , *f*, e $\dot{V}E$) no repouso e durante a realização dos exercícios respiratórios associados ao freno-labial, exceto no intercostal, em que a fase expiratória foi nasal. O VC_{pt} apresentou aumento significativo durante todos os exercícios em relação ao repouso. O VC_{pt} foi significativamente maior durante os exercícios suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal quando comparado ao do exercício diafragmático. Além disso, o VC_{pt} foi significativamente menor durante o intercostal, quando comparado ao dos suspiros inspiratórios.

Durante a realização de todos os exercícios, os indivíduos apresentaram redução significativa da *f* em relação ao repouso. O exercício inspiração máxima sustentada promoveu redução significativa da *f* também em relação aos exercícios diafragmático e intercostal.

Houve aumento significativo da $\dot{V}E$ durante os exercícios suspiros inspiratórios e intercostal

Tabela 1. Dados demográficos, antropométricos e espirométricos dos 15 indivíduos avaliados.

| VARIÁVEIS | X(DP) |
|-------------------------------|--------------|
| Sexo | 8H/7M |
| Idade (anos) | 23,13 (1,46) |
| IMC (Kg/m ²) | 23,22 (2,76) |
| VEF ₁ (L) | 3,76 (0,56) |
| VEF ₁ (% previsto) | 94,65 (8,02) |
| CVF (% previsto) | 92,81 (6,81) |
| VEF ₁ /CVF | 0,87 (0,05) |
| PAH | 86,67 (5,22) |

Dados apresentados como média (\bar{X}) e desvio padrão (DP), entre parênteses. H: homens; M: mulheres; IMC: índice da massa corporal; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; VEF₁/CVF: razão entre volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada ou índice de *Tiffeneau*; PAH: perfil de atividade humana.

em relação ao repouso. Na comparação entre os exercícios, a $\dot{V}E$ foi significativamente maior durante os suspiros, inspiração máxima sustentada e intercostal em relação ao diafragmático. Além disso, a $\dot{V}E$ foi significativamente maior durante os suspiros inspiratórios e o intercostal quando comparados à inspiração máxima sustentada.

A Figura 2 apresenta os resultados relativos ao percentual de contribuição de cada compartimento da parede torácica no repouso e durante a realização dos exercícios respiratórios associados ao freno-labial durante a expiração, exceto no exercício intercostal. A V_{ctp} % foi significativamente menor durante o exercício diafragmático e significativamente maior durante os demais exercícios em relação ao repouso. Na comparação entre os exercícios, observou-se V_{ctp} % significativamente maior durante os suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal quando comparados ao diafragmático. Em relação à contribuição da CT abdominal, apenas o exercício diafragmático apresentou V_{cta} % significativamente menor em relação ao repouso.

A V_{ab} % foi significativamente maior durante o exercício diafragmático e menor durante os demais exercícios em relação ao repouso. Na comparação entre os exercícios, a V_{ab} % foi significativamente menor durante os exercícios suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal em relação ao diafragmático.

As Figuras 3 e 4 apresentam as variáveis relativas ao assincronismo toracoabdominal no repouso e durante a realização dos exercícios respiratórios associados ao freno-labial durante a expiração, exceto no exercício intercostal. Os resultados relativos ao PhAng são apresentados na Figura 3.

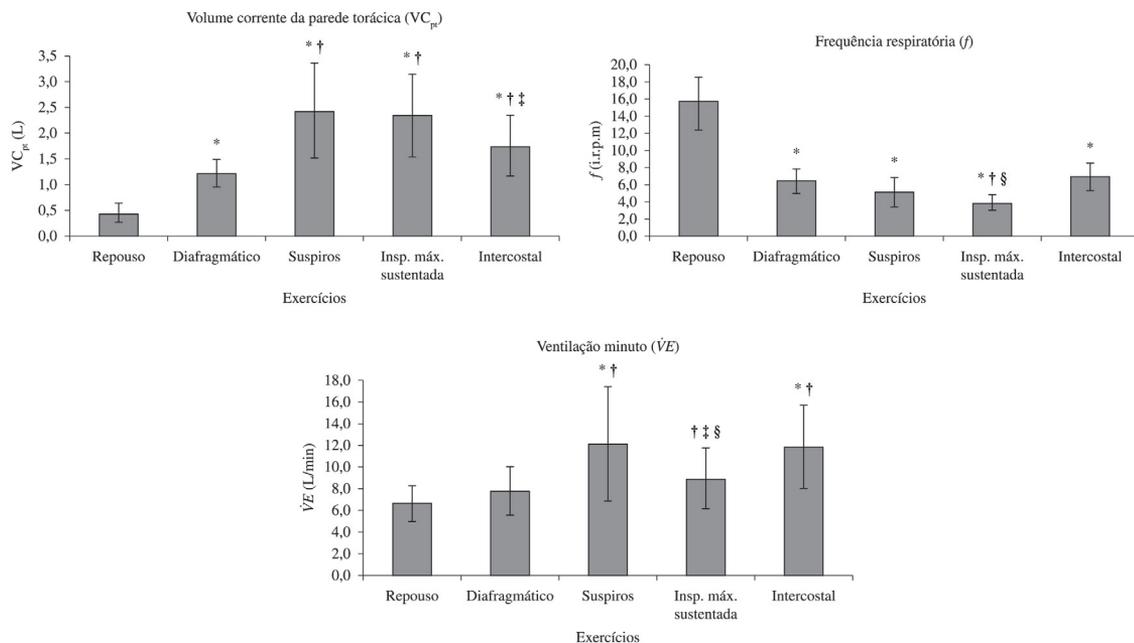


Figura 1. Dados relativos às variáveis do padrão respiratório no repouso e durante os quatro exercícios respiratórios. Dados apresentados como média (\bar{X}) e desvio padrão. VC_{pt}: volume corrente da parede torácica; f: frequência respiratória e VE: ventilação minuto. * p<0,005 para repouso × exercícios respiratórios; † p<0,005 para exercício diafragmático × suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal; ‡ p<0,005 para exercício suspiros inspiratórios × inspiração máxima sustentada e intercostal; § p<0,005 para exercício inspiração máxima sustentada × intercostal.

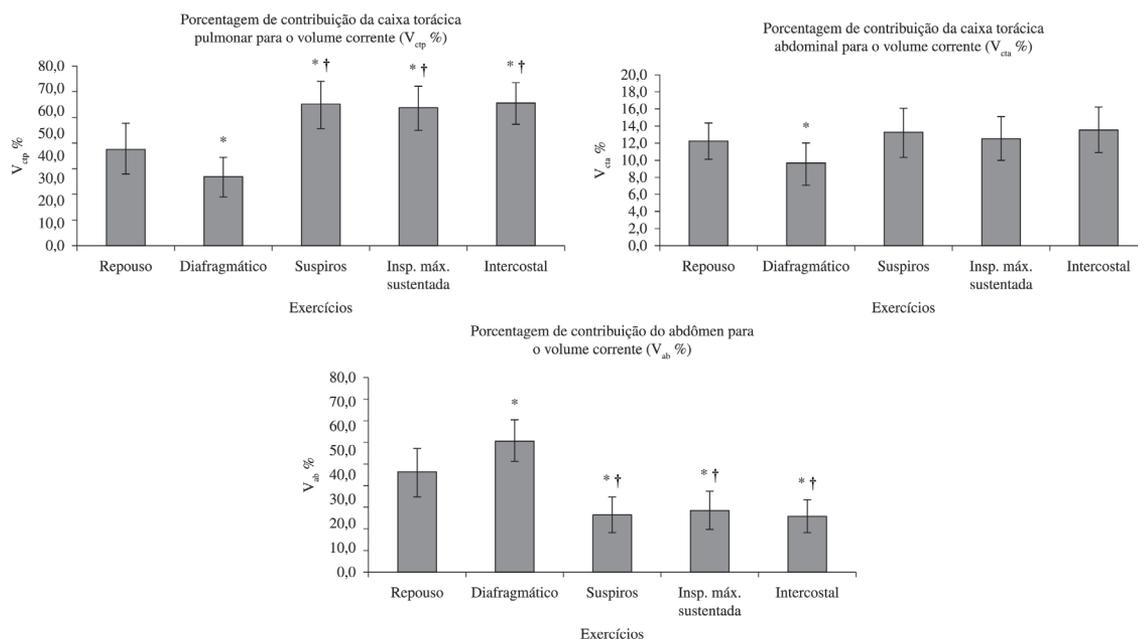


Figura 2. Dados relativos ao percentual de contribuição de cada compartimento da parede torácica. Dados apresentados como média (\bar{X}) e desvio padrão. V_{cp} %: porcentagem de contribuição da caixa torácica pulmonar para o volume corrente; V_{cta} %: porcentagem de contribuição da caixa torácica abdominal para o volume corrente e V_{ab} %: porcentagem de contribuição do abdômen para o volume corrente. * p<0,005 para repouso × exercícios respiratórios; † p<0,005 para exercício diafragmático × suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal.

Houve aumento significativo do PhAng entre a CT e o AB apenas durante a realização dos exercícios diafragmático e intercostal quando comparados ao repouso, e nenhuma diferença estatística quando comparados os exercícios entre si. Houve aumento significativo do PhAng entre a CT pulmonar e a CT abdominal apenas durante o diafragmático quando comparado ao repouso. Na comparação entre os exercícios, o PhAng entre a CT pulmonar e a CT abdominal foi significativamente menor durante os suspiros, inspiração máxima sustentada e intercostal em relação ao diafragmático.

A Figura 4 apresenta os resultados relativos à variável PhRIB. Houve aumento significativo da PhRIB entre a CT e o AB durante os exercícios diafragmático e suspiros inspiratórios em relação ao repouso. Não houve diferença significativa quando os exercícios foram comparados entre si. Houve aumento significativo da PhRiB entre a CT abdominal e a CT pulmonar apenas durante o exercício diafragmático em relação ao repouso. Na comparação entre os exercícios, a PhRIB foi significativamente menor durante a realização da inspiração máxima

sustentada em relação aos exercícios diafragmático e suspiros inspiratórios.

● Discussão

Os principais resultados deste estudo foram: 1) os quatro exercícios respiratórios associados ao freno-labial, exceto o exercício intercostal, em que a fase expiratória foi nasal, foram capazes de aumentar o VC_{pt} e reduzir a f em relação ao repouso; 2) o exercício respiratório diafragmático produziu aumento significativo da contribuição do AB quando comparado ao repouso e aos demais exercícios; 3) os exercícios suspiros inspiratórios e intercostal produziram aumento significativo da $\dot{V}E$ quando comparados aos demais exercícios e 4) os índices de assincronia toracoabdominal aumentaram significativamente durante o exercício respiratório diafragmático.

Levando-se em consideração a fisiologia da inspiração lenta e profunda associada ao freno-labial, é provável que um aumento no VC_{pt} associado à redução da f observada durante a realização dos

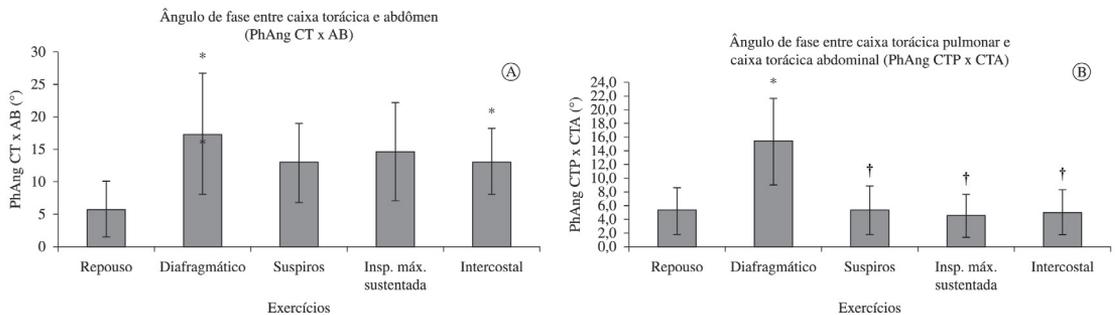


Figura 3. Ângulo de fase (PhAng) entre os compartimentos da caixa torácica e abdômen (A) e entre a caixa torácica pulmonar e a caixa torácica abdominal (B). Dados apresentados como média (\bar{X}) e desvio padrão. CT: caixa torácica; AB: abdômen; CTP: caixa torácica pulmonar; CTA: caixa torácica abdominal. *: $p < 0,005$ para repouso \times exercícios respiratórios; †: $p < 0,005$ para exercício diafragmático \times suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal.

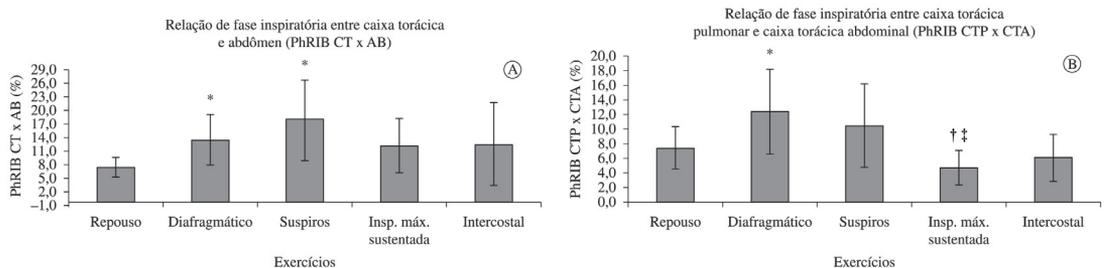


Figura 4. Relação de fase inspiratória (PhRIB) entre os compartimentos da caixa torácica e abdômen (A) e entre a caixa torácica pulmonar e a caixa torácica abdominal (B). Dados apresentados como média (\bar{X}) e desvio padrão. CT: caixa torácica; AB: abdômen; CTP: caixa torácica pulmonar; CTA: caixa torácica abdominal. *: $p < 0,005$ para repouso \times exercícios respiratórios; †: $p < 0,005$ para exercício diafragmático \times suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal; ‡: $p < 0,005$ para exercício suspiros inspiratórios \times inspiração máxima sustentada e intercostal.

exercícios respiratórios tenha contribuído para uma melhor relação ventilação/perfusão^{1,3,13}.

O exercício respiratório associado ao freno-labial favorece uma redução da f , uma vez que prolonga o tempo expiratório. A associação da expiração lenta e prolongada com a resistência para a saída do ar contribui para a manutenção da pressão intrabronquica, que pode contribuir para melhora da oxigenação^{7,12,13}.

O exercício diafragmático objetiva melhorar a ventilação pulmonar, sobretudo em regiões basais²⁻⁴. Observou-se que, durante a realização desse exercício, houve aumento significativo do deslocamento do compartimento abdominal em relação ao repouso (com cerca de 60% de contribuição para o VC_{pt}). Dessa forma, foi possível, com esse exercício, aumentar a contribuição do AB para o VC_{pt} , contribuindo possivelmente para a distribuição de ar para as bases pulmonares³.

Alguns autores estudaram o padrão respiratório durante o exercício diafragmático em indivíduos saudáveis^{2,3,22}, no entanto, em nenhum desses estudos, foi realizada uma análise tricompartmental da parede torácica, possibilidade que só a POE oferece.

Os resultados do presente estudo foram semelhantes àqueles encontrados por Brach et al.³, que avaliaram a distribuição da ventilação durante a execução desse exercício e concluíram que ele foi capaz de direcionar a ventilação das zonas superiores para as inferiores em indivíduos saudáveis sem que alterações significativas ocorressem na $\dot{V}E$. No entanto, no estudo de Tomich et al.²², os autores encontraram aumento significativo da $\dot{V}E$ durante esse exercício. Essa diferença é provavelmente relacionada a um volume corrente maior associado a uma menor redução da f observado por esses autores.

A presença de VC_{pt} significativamente maiores durante os exercícios suspiros inspiratórios, inspiração máxima sustentada e intercostal em comparação ao diafragmático deve estar relacionada à realização da inspiração até a capacidade pulmonar total, conforme proposta dos exercícios. A maior redução da f durante a realização da inspiração máxima sustentada em relação aos exercícios diafragmático e intercostal pode ser explicada pela pausa pós-inspiratória de 3 segundos utilizada durante a sua execução. A ausência de diferença significativa em relação ao exercício suspiros inspiratórios está provavelmente ligada ao fato de esse exercício ser realizado com inspirações fracionadas. Apesar de o VC_{pt} aumentar significativamente durante a realização da inspiração máxima sustentada, a $\dot{V}E$ permaneceu sem diferença significativa em relação ao repouso. Por outro lado, o aumento do VC_{pt} durante os exercícios suspiros inspiratórios e intercostal foi capaz de compensar a

redução da f , com isso, promover aumento da $\dot{V}E$. A realização da inspiração em um único esforço ou utilizando inspirações sucessivas recrutou VC_{pt} semelhantes e reduziu igualmente a f , porém a realização de inspirações sucessivas promoveu maior aumento da $\dot{V}E$. Assim, na presença de diminuição generalizada da ventilação pulmonar, pode ser mais interessante utilizá-los em detrimento do exercício diafragmático.

Para a realização dos exercícios inspiração máxima sustentada e suspiros inspiratórios, não há instrução de direcionamento do ar para um dos compartimentos da parede torácica. Adicionalmente, durante esses exercícios, os indivíduos são solicitados a realizar uma inspiração até a capacidade pulmonar total. Esses aspectos podem explicar a menor contribuição do compartimento abdominal observada durante a execução dos mesmos.

Segundo Fixley et al.⁹, o exercício intercostal favorece a ventilação nas regiões pulmonares não dependentes. Isso pode ser explicado pelo gradiente de pressão transpulmonar regional gerado pela contração dos músculos da CT, uma vez que esse exercício enfatiza a atividade desses músculos. Em nosso estudo, os indivíduos foram orientados a realizar o exercício direcionando o ar para a região superior da CT, o que favoreceu o aumento da $V_{cp}\%$ e a redução da $V_{ab}\%$ em relação ao repouso. Esse resultado não confirma o fato de que a expiração nasal realizada durante o exercício intercostal seja um fator diferencial para uma maior contribuição da CT para o VC_{pt} , como preconizado por Cuello et al.⁸, uma vez que os exercícios suspiros inspiratórios e inspiração máxima sustentada apresentaram contribuições semelhantes às do exercício intercostal.

O PhAng é um índice frequentemente utilizado para avaliar o assincronismo toracoabdominal^{22,25-27}. Esse índice tem a vantagem de incorporar dados de todo o ciclo respiratório, porém assume, para o seu cálculo, que as curvas formadas pelo movimento de ambos os compartimentos têm formato aproximadamente senoidais. Dessa forma, curvas não senoidais podem comprometer a sua quantificação. Dentro do nosso conhecimento, em apenas um estudo²², foi avaliado o PhAng entre a CT e o AB em indivíduos saudáveis, no entanto os indivíduos estavam na posição supina, com inclinação de tronco de 30°. Adicionalmente, os instrumentos de avaliação utilizados foram diferentes, POE no presente estudo e pletismografia respiratória por indutância no estudo de Tomich et al.²², dificultando uma comparação mais aprofundada dos achados. Em relação ao PhAng entre a CT pulmonar e a CT abdominal, os valores observados no presente estudo foram semelhantes aos encontrados no estudo de Aliverti et al.²⁷, que

avaliaram sujeitos saudáveis na posição sentada utilizando a POE.

No presente estudo, observou-se aumento do PhAng entre a CT e o AB para os exercícios diafragmático e intercostal quando comparados ao repouso. Em relação ao PhAng entre a CT pulmonar e a CT abdominal, observou-se aumento apenas para o diafragmático, tanto comparado ao repouso quanto comparado aos demais exercícios. Utilizando a pletismografia respiratória por indutância, Tomich et al.²² observaram aumento significativo do PhAng entre a CT e o AB em relação ao repouso durante a realização desse exercício. É interessante observar que o assincronismo toracoabdominal ocorreu principalmente durante os exercícios que envolvem o uso voluntário de grupos musculares específicos, como ocorre nos exercícios respiratórios diafragmático e intercostal, o que pode comprometer o sincronismo entre os compartimentos.

Para quantificação do movimento assincrono, sem a necessidade de assumir que as curvas são senoidais, a variável PhRIB é utilizada²⁸. Os valores encontrados para a PhRIB foram semelhantes ao descrito na literatura para indivíduos saudáveis no repouso²⁷. A PhRIB entre a CT e o AB apresentou aumento significativo durante a realização dos exercícios diafragmático e suspiros inspiratórios em relação ao repouso. Para a PhRIB entre a CT pulmonar e a CT abdominal, também foi observado aumento significativo durante o exercício diafragmático. Não foram encontrados na literatura estudos que avaliassem a PhRIB durante a realização dos exercícios respiratórios.

No que diz respeito aos resultados relacionados aos índices de assincronia, observou-se o aumento consistente desses índices entre todos os compartimentos avaliados apenas durante o diafragmático, tanto para PhRIB quanto para o PhAng. É importante considerar esse aumento em indivíduos saudáveis, uma vez que, em indivíduos com doenças pulmonares crônicas que cursam com alterações da biomecânica da CT, esse aumento poderia ser ainda maior. Gosselink et al.⁶, em pacientes com DPOC, observaram alterações significativas da relação da excursão do AB e da CT para o exercício realizado com ou sem a carga linear.

Os resultados apresentados contribuem para fundamentar a utilização mais direcionada dos exercícios respiratórios estudados. Apesar de os resultados terem sido observados em sujeitos saudáveis, o comportamento das variáveis estudadas pode ser semelhante naqueles pacientes em pós-operatório, já que, apesar das alterações próprias desse período, muitos pacientes apresentavam função pulmonar normal previamente. Dessa forma, os

efeitos dos exercícios observados, principalmente em relação ao aumento do volume corrente e à redução da f , podem beneficiar pacientes que apresentam redução do volume corrente por diferentes causas, como dor, colapso de parênquima pulmonar ou qualquer outra restrição. Por fim, o direcionamento da ventilação para determinados compartimentos pode ser benéfico para pacientes com redução da ventilação em regiões pulmonares específicas, como nas atelectasias.

Uma limitação do presente estudo consiste no fato de que os valores relativos aos volumes foram obtidos de forma indireta, sem associação com uma medida direta por meio de um pneumotacógrafo. Portanto, esses valores não podem ser utilizados como valores absolutos.

● Conclusão

Nossos resultados sugerem que os quatro exercícios respiratórios estudados promovem aumento do volume corrente e redução da f . Somente com o exercício diafragmático, a ventilação foi direcionada, prioritariamente, para a região abdominal. Com os exercícios suspiros inspiratórios e intercostal, houve aumento significativo da $\dot{V}E$ em relação aos demais exercícios. Não se observou assincronia durante a realização da inspiração máxima sustentada. Os resultados apresentados neste estudo podem contribuir para elucidar os efeitos desses quatro exercícios respiratórios sobre o padrão respiratório e o assincronismo toracoabdominal de indivíduos saudáveis e, assim, permitir a utilização mais criteriosa na prática clínica.

● Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (CAPES PROCAD NF 779/2010), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processo 309494/2013-3) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG - PPM-00374-12), Brasil, pelo apoio financeiro.

● Referências

1. Feltrim MIZ, Jardim JRB. Movimento toracoabdominal e exercícios respiratórios: revisão de literatura. *Rev Fisioter Univ São Paulo*. 2004;11(2):105-13.
2. Grimby G, Oxhoj H, Bake B. Effects of abdominal breathing on distribution of ventilation in obstructive lung disease. *Clin Sci Mol Med*. 1975;48(3):193-9. PMID:1167822.
3. Brach BB, Chao RP, Sgroi VL, Minh VD, Ashburn WL, Moser KM. 133Xenon washout patterns during diaphragmatic breathing. *Studies in normal subjects and*

- patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*. 1977;71(6):735-9. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.71.6.735>. PMID:862443
4. 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. <http://dx.doi.org/10.1097/00008483-200201000-00002>. PMID:11839992
 5. Martarelli D, Cocchioni M, Scuri S, Pompei P. Diaphragmatic breathing reduces postprandial oxidative stress. *J Altern Complement Med*. 2011;17(7):623-8. <http://dx.doi.org/10.1089/acm.2010.0666>. PMID:21688985
 6. Gosselink RA, Wagenaar RC, Rijswijk H, Sargeant AJ, Decramer ML. Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;151(4):1136-42. PMID:7697243.
 7. Feltrim MIZ. Exercícios respiratórios terapêuticos. In: Britto RR, Brant TCS, Parreira VF, editors. *Recursos manuais e instrumentais em fisioterapia respiratória*. Barueri: Manole; 2009. p. 163-86.
 8. Cuello GA, Masciantonio L, Cuello AF. Patrones respiratorios en distintas afecciones. *Corde*. 1982;3:48-60.
 9. Fixley MS, Roussos CS, Murphy B, Martin RR, Engel LA. Flow dependence of gas distribution and the pattern of inspiratory muscle contraction. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1978;45(5):733-41. PMID:153343.
 10. Aliverti A, Pedotti A. Opto-electronic plethysmography. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2003;59(1):12-6. PMID:14533277.
 11. Aliverti A. Opto-eletronic pletismography: new findings in chronic obstructive pulmonary disease. *IJRC*. 2008;4(2):45-50.
 12. Spahija J, de Marchie M, Grassino A. Effects of imposed pursed-lips breathing on respiratory mechanics and dyspnea at rest and during exercise in COPD. *Chest*. 2005;128(2):640-50. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.128.2.640>. PMID:16100149
 13. Spahija JA, Grassino A. Effects of pursed-lips breathing and expiratory resistive loading in healthy subjects. *J Appl Physiol* (1985). 1996;80(5):1772-84. PMID:8727566.
 14. 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132007000400008>. PMID:17982531
 15. Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Binazzi B, et al. Patterns of chest wall kinematics during volitional pursed-lip breathing in COPD at rest. *Respir Med*. 2007;101(7):1412-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmed.2007.01.021>. PMID:17350815
 16. Aliverti A, Dellacà R, Pelosi P, Chiumello D, Gatiñoni L, Pedotti A. Compartmental analysis of breathing in the supine and prone positions by optoelectronic plethysmography. *Ann Biomed Eng*. 2001;29(1):60-70. <http://dx.doi.org/10.1114/1.1332084>. PMID:11219508
 17. Cala SJ, Kenyon CM, Ferrigno G, Carnevali P, Aliverti A, Pedotti A, et al. Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(6):2680-9. PMID:9018522.
 18. Vieira DSR, Hoffman M, Pereira DAG, Britto RR, Parreira VF. Optoelectronic plethysmography: intra-rater and inter-rater reliability in healthy subjects. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013;189(3):473-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resp.2013.08.023>. PMID:24036178
 19. Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Grazzini M, et al. Chest wall kinematics and breathlessness during pursed-lip breathing in patients with COPD. *Chest*. 2004;125(2):459-65. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.125.2.459>. PMID:14769725
 20. Parreira VF, Vieira DS, Myrrha MA, Pessoa IM, Lage SM, Britto RR. Optoelectronic plethysmography: a review of the literature. *Rev Bras Fisioter*. 2012;16(6):439-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000061>. PMID:23184278
 21. Souza AC, Magalhães LC, Teixeira-Salmela LF. [Cross-cultural adaptation and analysis of the psychometric properties in the Brazilian version of the Human Activity Profile]. *Cad Saude Publica*. 2006;22(12):2623-36. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006001200012>. PMID:17096041
 22. 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2006005000165>. PMID:17713643
 23. Carneiro EM, Ramos MC, Terra GA, Rodrigues Júnior V, Matos D, Crema E. Evaluation of breathing exercise in hormonal and immunological responses in patients undergoing abdominal surgery. *Acta Cir Bras*. 2013;28(5):385-90. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-86502013000500011>. PMID:23702942
 24. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research: applications to practice*. 3rd ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall; 2008.
 25. Parreira VF, Bueno CJ, França DC, Vieira DS, Pereira DR, Britto RR. Breathing pattern and thoracoabdominal motion in healthy individuals: influence of age and sex. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(5):411-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552010000500010>. PMID:21180867
 26. França DC, Vieira DSR, Vieira BSPP, Oliveira TG, Britto RR, Parreira VF. Lower-limb endurance training program influences thoracoabdominal motion of patients with COPD? *Fisioter Mov*. 2013;26(1):141-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502013000100016>.
 27. Aliverti A, Quaranta M, Chakrabarti B, Albuquerque AL, Calverley PM. Paradoxical movement of the lower ribcage at rest and during exercise in COPD patients. *Eur Respir J*. 2009;33(1):49-60. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.00141607>. PMID:18799505
 28. Reber A, Geiduschek JM, Bobbià 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(2):473-8. PMID:12171819. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.122.2.473>.

Correspondence

Verônica Franco Parreira

Universidade Federal de Minas Gerais

Departamento de Fisioterapia

Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha

CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

e-mail: veronicaparreira@yahoo.com.br; veronica.parreira@pq.cnpq.br