

Efeito agudo da espirometria de incentivo sobre os volumes pulmonares em indivíduos hemiparéticos

Acute effect of the incentive spirometry on lung volume in hemiparetic subjects

Ílvia Nadinne Dantas Florentino Lima¹; Gardênia Maria Holanda Ferreira²; Tânia Fernandes Campos²; Guilherme Augusto de Freitas Fregonezi²

¹Discente de Pós-Graduação *Strictu Sensu* do Programa de Mestrado em Fisioterapia – UFRN, Natal, RN – Brasil.

²Professores Doutores do curso de Graduação e Programa de Mestrado em Fisioterapia – UFRN, Natal, RN – Brasil.

Endereço para correspondência

Guilherme Augusto de Freitas Fregonezi
Campus Universitário Lagoa Nova – Caixa Postal 1524
59072-970 – Natal – RN [Brasil]
fregonezi@ufrnet.br

Resumo

Introdução: O acidente vascular cerebral (AVC) gera numerosas repercussões no sistema respiratório. **Objetivos:** Comparar as variações volumétricas da caixa torácica durante o uso da espirometria de incentivo (EI) volume-orientada e avaliar seu comportamento entre indivíduos hemiparéticos pós-AVC e sujeitos saudáveis. Foram estudados 14 indivíduos (7 hemiparéticos e 7 saudáveis) utilizando a Pletismografia Opto-eletrônica. **Resultados:** O grupo AVC em relação ao controle apresentou, em mediana, valores menores de CVF (L), CVF%, VEF₁(L), PEmáx (cmH₂O) e PEmáx (%), assim como mostrou volume corrente 32,3% menor ($p = 0,031$), durante a realização da EI. **Conclusão:** Houve participação 25% menor do compartimento caixa torácica pulmonar, no grupo AVC no volume corrente, comparada a do controle ($p = 0,0156$), e para o compartimento abdominal, o grupo AVC apresentou 43% maior participação no volume corrente, comparada a do controle ($p = 0,031$), no período pré EI.

Descritores: Acidente vascular cerebral; Exercícios respiratórios; Hemiparesia; Pletismografia.

Abstract

Introduction: Stroke (AVC, acronym in Portuguese) leads to impairment in respiratory system. **Objectives:** To compare the volume chest wall changes during the use of incentive spirometry (IS) volume-oriented and assess the pattern of chest wall motion in hemiparetic post-stroke patients and healthy individuals. We studied the volume of 14 subjects (7 hemiparetic and 7 healthy) by the Opto-electronic plethysmography before, during and after IS. **Results:** Stroke group showed lower values of FVC (L), FVC%, FEV₁ (L), PEmáx (cmH₂O) and PEmáx (%) in relation to control group. Tidal volume was 32.3% lower ($p = 0.031$) in stroke group during the IS. **Conclusion:** There was 25% less participation of the pulmonary rib cage compartment during tidal volume in stroke group compared to the control group ($p = 0.0156$). The abdominal compartment exhibit 43% greater ($p = 0.031$) participation in stroke group in tidal volume compared in the control group during period before IS.

Key words: Breathing exercises; Stroke; Hemiparesis; Plethysmography.

Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) gera numerosas repercussões motoras no hemicorpo acometido e nas estruturas interligadas a ele como o sistema respiratório. As alterações na funcionalidade do sistema respiratório, tais como a diminuição da força muscular respiratória, a redução das complacências torácica e pulmonar, a mudança no padrão respiratório e a alteração nos volumes pulmonares, promovem importantes repercussões clínicas. Fisiologicamente, todas as modificações ocorridas determinam o aumento do trabalho respiratório como demonstrado previamente por vários estudos¹⁻⁴.

A ventilação é uma tarefa complexa que envolve o equilíbrio entre a cadência dos dois grupos de músculos, inspiratórios e expiratórios, em suas atividades fásicas e tônicas, que atuam em sinergia⁵. O desequilíbrio muscular resultante da retração da parede torácica, associado à diminuição da atividade tônica dos músculos abdominais e da diminuição na potência diafragmática, resultam em um padrão respiratório menos eficiente que pode estar relacionado à gênese das complicações respiratórias⁵⁻⁷. A elevação da cúpula do músculo diafragma no hemicorpo afetado independe da idade, raça, gênero ou tempo do AVC⁸ e está diretamente relacionada à sua funcionalidade⁹.

Portanto, em pacientes com AVC, a Fisioterapia Respiratória tem uma importante função. A manutenção dos volumes pulmonares pode auxiliar na conservação da permeabilidade das vias aéreas e na atividade muscular respiratória. Dentre os equipamentos utilizados para esse fim, os espirômetros de incentivo (EI) volume-orientados são instrumentos largamente descritos na prática clínica. São simples, relativamente baratos e de fácil utilização. Esses equipamentos podem fornecer aos pacientes um *feedback* visual, encorajando-os a realizarem inspirações máximas sustentadas. Essa atividade determina um aumento da pressão transpulmonar que, associadas à pausa inspiratória, promovem a insuflação e

recrutamento alveolar, contribuindo para a estabilização dos alvéolos, melhorando a complacência e ventilação alveolar. A finalidade clínica da EI volume-orientada é restaurar os volumes pulmonares, modificando o padrão respiratório e de ventilação pulmonar, prevenindo a incidência das complicações respiratórias¹⁰. Objetivou-se, neste estudo, comparar as variações volumétricas da caixa torácica durante o uso da espirometria de incentivo volume-orientada e avaliar o comportamento da caixa torácica, durante a respiração em repouso e a espirometria de incentivo em indivíduos hemiparéticos e sujeitos saudáveis.

Material e métodos

Sujeitos

A amostra foi constituída por 14 indivíduos, de ambos os sexos, divididos em dois grupos, o grupo AVC e o controle. O grupo AVC foi constituído por sete participantes hemiparéticos acometidos por AVC, com tempo decorrido do diagnóstico por tomografia computadorizada, compreendido entre um e sete anos, com idade entre 39 e 74 anos. O grupo controle foi constituído por sete sujeitos saudáveis, sem patologias cardíacas e respiratórias. Os grupos foram pareados quanto à idade, ao sexo e ao Índice de Massa Corpórea (IMC). A amostra foi alocada de forma não probabilística por conveniência. A pesquisa foi realizada de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), sendo aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFRN), protocolo número 095/11. Todos os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Desenho do estudo

Todos os sujeitos foram avaliados em relação à espirometria, força muscular respiratória e volumes pulmonares. As avaliações foram divididas em dois momentos: momento 1 e momento 2, realizados no mesmo dia. No momento 1, foi

realizada a avaliação espirométrica e a da força muscular respiratória. No momento 2, avaliaram-se os volumes pulmonares nas três etapas seguintes: etapa 1 – respiração em repouso na pré realização da EI volume-orientada; etapa 2 – respiração durante a utilização da EI volume-orientada, e etapa 3 – respiração em repouso pós EI volume-orientada.

Avaliação Espirométrica

A avaliação espirométrica foi realizada por meio do espirômetro KoKo DigiDoser (Longmont, USA), e seguiram os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia¹¹. Após a calibração do aparelho e instrução das manobras a serem realizadas, o teste foi realizado com o indivíduo na posição sentada e com as narinas ocluídas por um clipe nasal. Foi solicitado aos sujeitos pacientes realizarem uma respiração em volume corrente, e, quando solicitado pelo avaliador, uma inspiração máxima (próxima à capacidade pulmonar total), seguida de uma expiração máxima (próxima ao volume residual). Foram consideradas para o estudo as variáveis capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁) e a capacidade inspiratória (CI). Para a CVF e o VEF₁, foram considerados os valores absolutos e a porcentagem do predito. Para cada participante, foram obtidas três curvas expiratórias forçadas, tecnicamente aceitáveis e reprodutíveis. A variabilidade entre elas deveria ser inferior a 5%, equivalente a 200 ml, sendo considerada, para efeito de análise, apenas a curva com o melhor desempenho. Os valores encontrados para CVF e VEF₁ foram comparados com os valores de referência previamente publicados¹².

Avaliação da força muscular respiratória

A avaliação da força muscular respiratória dos indivíduos foi realizada por meio da mano-

vacuometria, inferida pelas pressões respiratórias máximas – pressão inspiratória (PImáx) e pressão expiratória (PEmáx). Foi utilizado o manovacuômetro digital MicroRPM (MICRO medical, Rocjester Kent, Reino Unido). Após instrução sobre a manobra, os pacientes, na posição sentada, foram instruídos a realizar a PImáx a partir do volume residual (VR); e a PEmáx, partindo da capacidade pulmonar total (CPT)¹³. As manobras foram repetidas duas vezes para aprendizado e, em seguida, foram realizadas cinco medições, tecnicamente satisfatórias, com variação menor que 10% entre os dois valores máximos. Os resultados encontrados foram comparados aos valores de referência previamente estabelecidos para população brasileira¹⁴.

Avaliação dos volumes pulmonares

A avaliação dos volumes pulmonares foi realizada por meio do estudo da cinemática do complexo toracoabdominal com o equipamento de Pletismografia Opto-eletrônica (BTS Bioengineering Milão-Itália)¹⁵. Esse equipamento é capaz de avaliar o volume da caixa torácica (somatória dos três compartimentos) e dos três compartimentos que a compõem, ou seja, a caixa torácica pulmonar (Ctp), a caixa torácica abdominal (Cta) e o abdômen (Ab). No compartimento caixa torácica e em cada compartimento foram computados, o volume corrente e as porcentagens (%) de participação de cada um durante todos os períodos da avaliação. Após calibração do aparelho, subdividida em estática e dinâmica, pelos eixos X, Y e Z, foram posicionados 89 marcadores retrorreflexivos sobre o tórax do indivíduo, anterior e posteriormente, seguindo estruturas anatômicas pré-estabelecidas. Um sistema complexo formado por seis câmeras fotossensíveis captaram a emissão de luz dos marcadores posicionados no tórax. Usando-se o *software* OEP Capture (BTS Bioengineering Milão-Itália) um modelo geométrico tridimensional da parede torácica foi formado e as variações dos volumes da caixa torácica foram calculadas^{16, 17}.

Protocolo experimental

A espirometria de Incentivo (EI) volume-orientada foi realizada com o equipamento Voldyne® 5000 (Sherwood Medical, St. Louis, EUA). Os voluntários, após instrução da técnica, efetuaram uma manobra de inspiração máxima pelo bucal, até atingir 80% da capacidade inspiratória, pré-determinada pela espirometria. Foram realizadas três séries com dez repetições¹⁸ em que a inspiração foi sustentada por um período de três segundos e entre cada inspiração subsequente à respiração foi realizado um repouso de 10 a 15 segundos. Durante todo o protocolo, os volumes foram avaliados pela Pletismografia Opto-eletrônica.

Análise estatística

Foi utilizada a análise estatística descritiva não paramétrica devido ao pequeno tamanho da amostra. Os resultados foram expressos como mediana (intervalo interquartil [IQ]), e o teste de Wilcoxon foi usado para comparar as variáveis volume corrente (VC) e a porcentagem de participação dos compartimentos da caixa torácica no volume corrente durante o ciclo respiratório. Os dados foram analisados usando o programa SPSS 15.0 (SPSS, Chicago, IL, EUA) e o *GraphPad Prism 4* (GraphPad Software Inc.). O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$, utilizando uma aproximação bilateral.

Resultados

Os valores antropométricos e de função pulmonar de ambos os grupos estão descritos na Tabela 1. O grupo AVC apresentou medianas do valor de CVF (L), CVF%, VEF₁(L), PEmáx (cmH₂O) e PEmáx (%) significativamente menores, quando comparadas ao grupo controle.

A análise descritiva dos volumes pulmonares, da caixa torácica pulmonar total, durante a respiração em volume corrente, resultou em valores menores para o grupo AVC em relação ao grupo controle, respectivamente, no momen-

Tabela 1: Características antropométricas e de função pulmonar

Variável	Grupo AVC	Grupo controle
Amostra (gênero)	n = 7 (3H, 4M)	n = 7(3H, 4M)
Idade (anos)	55 (39 - 63)	57 (41-58)
IMC (Kg/m ²)	25,6 (22,4 – 30,1)	26 (25 – 28,4)
fr (rpm)	19 (17 – 19)	19 (15 – 19)
FC (bpm)	72 (67 – 82)	80 (59 – 88)
SpO ₂ (%)	98 (97 – 98)	98 (98 – 99)
CVF % (pred)	87 (81 – 98)	97 (94 – 105)*
CVF (L)	3,39 (2,71 – 3,75)	3,83 (2,98–4,34)9*
VEF ₁ % (pred)	91 (80 – 96)	96 (95 – 108)
VEF ₁ (L)	2,71 (2,22 – 2,98)	3,20 (2,34 – 3,38)*
Plmáx % (pred)	66 (63,4 – 95,3)	104 (90 – 132)
Plmáx (cmH ₂ O)	65 (61 – 103)	99 (94 – 111)
PEmáx % (pred)	109 (88,2 – 112)	122 (117 – 139)*
PEmáx (cmH ₂ O)	118 (81 – 122)	120 (108 – 158)*

IMC (kg/m²) – Índice de Massa Corpórea; fr (rpm) – frequência respiratória; FC (bpm) – frequência cardíaca; SpO₂ (%) – porcentagem de saturação sanguínea periférica de oxigênio; CVF (%) – Porcentagem do predito da capacidade Vital Forçada; VEF₁(%) – Porcentagem do predito do volume expiratório forçado no primeiro segundo; Plmáx – Porcentagem do predito da pressão inspiratória máxima; PEmáx – Porcentagem do predito da pressão expiratória máxima. *p < 0,05.

to pré EI, etapa 1, em 20,2% menor; e no momento pós EI, etapa 3, em 25,2% menor; entretanto, não foi encontrada diferença significativa entre eles. Durante a realização das séries 1, 2 e 3 da EI, representadas pela média entre elas, o grupo AVC apresentou valores menores para o volume corrente da caixa torácica, 32,3% menor ($p = 0,031$), quando comparados ao grupo controle (na Figura 1).

A porcentagem de participação do compartimento caixa torácica pulmonar do grupo AVC foi 25% menor ($p = 0,0156$) em relação ao grupo controle durante o volume corrente no período pré intervenção com EI, etapa 1. Durante a realização da EI, etapa 2, e pós EI, etapa 3, a participação desse compartimento foi menor, respectivamente 8% e 48% no grupo AVC, em relação ao grupo controle; contudo, não foram encontradas diferenças significativas, como demonstrado na Figura 2.

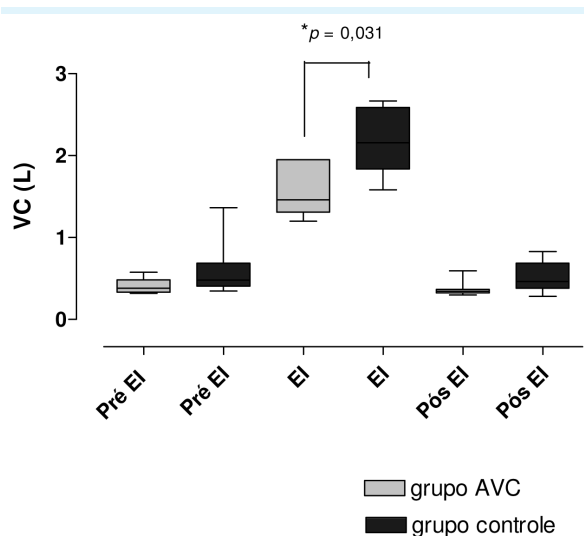


Figura 1: Volume corrente da parede torácica durante a respiração pré EI, EI e pós EI volume orientada da amostra estudada

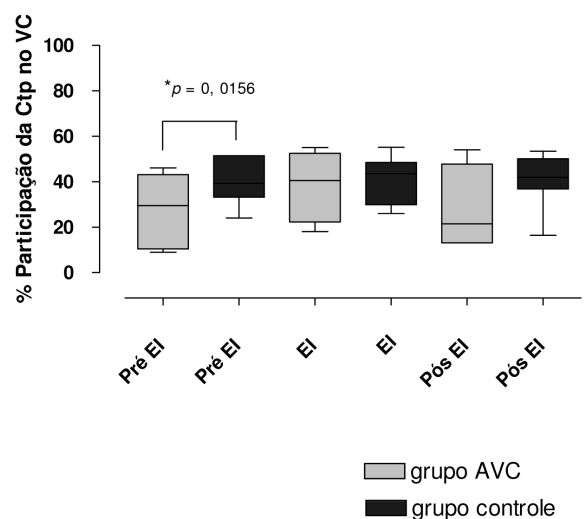


Figura 2: Porcentagem de participação do compartimento caixa torácica pulmonar (Ctp) no volume corrente, nas etapas pré EI, EI e pós EI volume-orientada em ambos os grupos

Em relação à participação do compartimento caixa torácica abdominal no volume corrente, no momento pré-intervenção EI, etapa 1, essa participação foi 37% menor, para o grupo AVC ($p = 0,0156$), quando comparado com controle. Durante a realização da EI, etapa 2, no AVC, o compartimento caixa torácica abdominal contribuiu em 10% menos volume para o volume corrente, quando comparado com o controle. No

período pós-intervenção EI, etapa 3, no grupo AVC, a participação desse compartimento foi 27,6% menor que no controle. Esses resultados estão expressos na Figura 3.

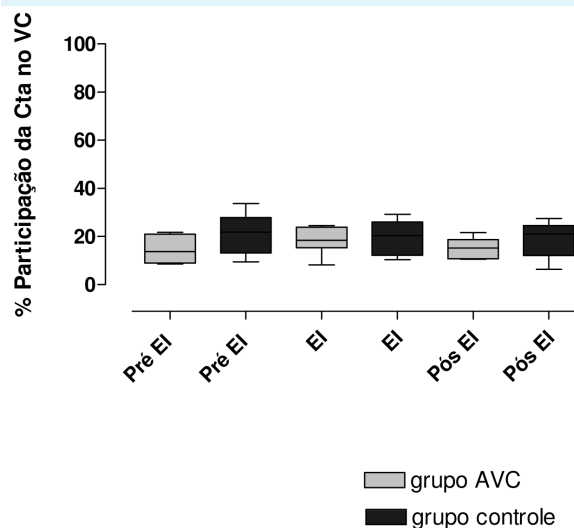


Figura 3: Porcentagem de participação do compartimento caixa torácica abdominal (Cta) no volume corrente, nas etapas pré EI, EI e pós EI volume-orientada em ambos os grupos

A porcentagem de participação do compartimento abdominal foi 43% maior no volume corrente ($p = 0,031$) para o grupo AVC, comparado ao grupo controle na pré intervenção com EI, etapa 1. Durante a realização da EI, etapa 2, a participação desse compartimento foi 24% maior no AVC em relação ao controle. No momento, pós intervenção com EI, etapa 3, a participação do compartimento abdominal no volume corrente foi 52% maior na comparação com o grupo controle, conforme demonstrado na Figura 4.

Discussão

Neste estudo, objetivou-se comparar as variações volumétricas da caixa torácica e avaliar o padrão de comportamento dos compartimentos da caixa torácica durante a respiração em repouso e o uso da espirometria de incentivo volume-orientada, em voluntários hemiparéticos e sujeitos saudáveis. Foi observado que os indivíduos hemiparéticos mobilizam uma quantidade me-

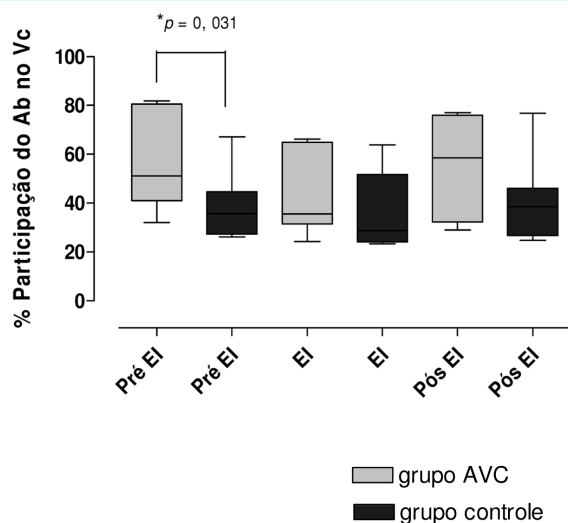


Figura 4: Porcentagem de participação do compartimento abdominal (Ab) no volume corrente, nas etapas pré EI, EI e pós EI volume-orientada em ambos os grupos

nor de volume pulmonar, no momento pré EI, etapa 1, durante a realização da EI, etapa 2, assim como ocorre maior participação do compartimento abdominal para este grupo em relação ao controle.

Até o momento, não foram publicados estudos prévios em relação à avaliação dos volumes pulmonares e o uso da EI volume-orientada em pacientes com AVC. Previamente, podem-se destacar dois trabalhos, em que foram avaliados os volumes pulmonares por meio da Pletismografia Opto-eletrônica, de Lanini et al.¹⁹ e da avaliação de volumes pela Pletismografia Respiratória por Indutância elétrica, de Teixeira-Salmela et al.²⁰ em pacientes com AVC. Lanini et al.¹⁹ avaliaram o padrão respiratório de ambos os hemitórax, lado hemiparético e lado não hemiparético, em oito indivíduos com AVC; e nove saudáveis, por meio da Pletismografia Opto-eletrônica. Ambos, pacientes e sujeitos saudáveis, foram avaliados durante a respiração em repouso e hiperventilação voluntária. Esses autores não observaram diferenças significativas nos volumes pulmonares da parede torácica, quando comparados, respectivamente, o lado hemiparético e não hemiparético, durante a respiração em repouso. Verificou-se, no lado hemiparético, que

o volume deslocado apresentou valores 4% menores em comparação com o não hemiparético. Durante a hiperventilação voluntária, técnica utilizada pelos autores para avaliar a amplitude e deslocamento de volume pulmonar, o lado hemiparético apresentou o volume corrente da caixa torácica 25,6 % menor, quando comparado com o lado não hemiparético. Apesar das diferenças metodológicas do estudo aqui apresentado em relação ao de Lanini et al.¹⁹, os resultados encontrados nesta pesquisa, por meio do uso da EI volume-orientada, demonstraram que os pacientes com AVC desenvolveram um menor volume corrente, respectivamente nas três etapas em que foram avaliados os volumes, a saber: 20,2%, 32,3% e 25,2%, quando comparados aos valores do grupo controle.

No segundo estudo, Teixeira-Salmela et al.²⁰ avaliaram o padrão respiratório e a contribuição dos compartimentos caixa torácica e abdômen em 16 indivíduos hemiparéticos, comparados a 19 sujeitos saudáveis, usando a Pletismografia Respiratória por Indutância elétrica. Os resultados encontrados por esses autores demonstraram que os indivíduos hemiparéticos apresentaram valores 5,1% menores de volume corrente, com relação aos dos saudáveis, concordando com os valores deste trabalho aqui mostrado. Em relação à contribuição dos compartimentos, caixa torácica e abdômen para o volume corrente, Teixeira-Salmela et al.²⁰ verificaram uma menor participação do compartimento abdominal em hemiparéticos, 51,8% ± 15,4%, quando comparada ao valor dos sujeitos saudáveis de 62,3% ± 13,8%. Os resultados desta pesquisa são discrepantes com os apresentados por esses autores, pois o grupo AVC apresentou um valor de participação do compartimento abdominal no volume corrente 43% maior em relação ao grupo controle, nesse compartimento. Essa diferença pode ser atribuída pelas diferentes metodologias utilizadas na avaliação dos volumes pulmonares, assim como ao posicionamento do participante durante as avaliações. As análises no estudo de Teixeira-Salmela et al.²⁰ foram realizadas com os sujeitos em decúbito dorsal e inclinação de 30°,

enquanto que neste estudo, os indivíduos foram avaliados na posição sentada. As alterações de posicionamento, como previamente descrito por Aliverti et al.²¹, modificam o comportamento volumétrico de todos os compartimentos da caixa torácica, alterando o ponto de ação de diferentes músculos respiratórios, o que reflete diretamente nas alterações volumétricas da caixa torácica. Cabe ressaltar ainda que o método de avaliação, Pletismografia Respiratória por Indutância elétrica, apresenta várias limitações, considerando o comportamento fisiológico da caixa torácica²².

Apesar de não haver relatos na literatura sobre o uso da EI volume-orientada em pacientes com AVC, alguns autores avaliaram a resposta da EI volume-orientada em diferentes populações. Em 17 sujeitos saudáveis, Tomichi et al.¹⁰, utilizando a Pletismografia Respiratória por Indutância elétrica, avaliaram o padrão respiratório e o movimento toracoabdominal, pelas variações volumétricas no volume corrente, durante a realização do padrão respiratório diafragmático, e durante a realização da EI volume-orientada. Esses autores encontraram um aumento de 82,3% no volume corrente desses indivíduos, quando eles realizaram a EI volume-orientada. No trabalho aqui apresentado, foi observado um aumento de 73,3% no volume corrente do grupo AVC, enquanto o grupo controle apresentou um aumento de 78%, bastante semelhante aos referidos por Tomichi et al.¹⁰. É importante ressaltar que devido a limitações restritivas ventilatórias os pacientes aqui avaliados mobilizaram menos volume corrente ao realizarem a EI, quando comparados aos sujeitos saudáveis. Em relação à participação dos compartimentos torácicos, no volume corrente, esses mesmos autores encontraram uma contribuição 16% maior do compartimento caixa torácica pulmonar. Neste estudo, foi observado, para o grupo AVC que o compartimento abdominal apresentou uma contribuição 43% maior de participação no volume corrente. Essas diferenças podem ser atribuídas às alterações respiratórias fisiopatológicas, advindas da restrição da caixa torácica e do controle central respiratório, fazen-

do com que ocorram modificações no padrão respiratório dos pacientes com AVC para otimizar a ventilação limitada pela restrição de caixa torácica.

Este trabalho apresenta algumas limitações, sendo o pequeno tamanho amostral a maior delas. Entretanto, destaca-se sua importância por ser o primeiro relato sobre a contribuição dos compartimentos torácicos, por meio da Pletismografia Opto-eletrônica, nos volumes pulmonares durante o uso da EI volume-orientada em pacientes com AVC.

Conclusões

Os pacientes com AVC, hemiparéticos, apresentaram menor mobilização de volume corrente, assim como maior participação do compartimento abdominal na etapa pré EI volume-orientada que os indivíduos saudáveis.

Referências

1. Beinotti F, Fonseca CP, Silva MC, Gaspar MIFAS, Cacho EWA, Oberg TD. Treino de marcha com suporte parcial de peso em esteira ergométrica e estimulação elétrica funcional em hemiparéticos. *Acta Fisiatr.* 2007;14(3):159-63.
2. Francisco GE, Boake C. Improvement in walking speed in post-stroke spastic hemiplegia after intrathecal baclofen therapy: a preliminary study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1194-9.
3. Lanini B, Bianchini R, Romagnoli I. Chest all kinematics in patients with heimiplegia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168:109-13.
4. Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR, Brant TC, Inácio EP. et al. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1974-8.
5. Pizzol R, Yu F, Bott G, Tarumoto M. Avaliação espirométrica e das pressões respiratórias máximas de indivíduos com hemiplegia. *Rev Bras Fisioter.* 2004;8:585.



6. Calasans PA, Alouche SR. Correlação entre o nível cognitivo e a independência funcional após AVE. *Rev Bras Fisioter.* 2004;8:105-9.
7. Fernandes FE, Martins SRG, Bonvent JJ. Efeito do treinamento muscular respiratório por meio do manovacuômetro e do threshold pep em pacientes hemiparéticos hospitalizados. *IFMBE Proceedings.* 2007;18:1199-202.
8. Smith M. The effect of hemiplegia on the diaphragm. *Am Rev Respir Dis.* 1962;89:450-2.
9. Cohen E, Mier A, Heywood P, Murphy K, Boulbee J, Guz A. Diaphragmatic movement in hemiplegic patients measures by ultrasonography. *Thorax* 1994;49:890-5.
10. Tomich GM, França DC, Diório A C M, Britto, RR, Sampaio RF; Parreira, VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Braz J Med Biol Res.* 2007;40:1409-17.
11. Pereira CAC. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia – SBPT. Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol.* 2002;29(3):207-21.
12. Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406.
13. Souza RB. Pressões respiratórias máximas. *J Pneumol.* 2002;28(3):155-65.
14. Neder JA, Andreoni S, Leratio. Reference values for lung function tests II. *Braz J Med Biol Res.* 1999;32:703-17.
15. Aliverti A, Dellaca R, Pelosi P, Chiumello D, Gattinoni L, Pedotti A. Compartmental analysis of breathing on the supine and prone positions by optoelectronic plethysmography. *Annals of Biomed.* 2001;29:60-70.
16. Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Binazzi B. Patterns of chest wall kinematics during volitional pursed-lip breathing in COPD at rest. *Respir Med.* 2007;101(7):1412-8.
17. Aliverti A, Pedotti A. Opto-electronic plethysmography. *Monaldi Arch Chest Disease.* 2003;59:12-6.
18. Overend TJ, Anderson CM, Lucy D, Jonsson BI, Timmers C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications. *Chest.* 2001;120:971-8.
19. Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, Coli C, Binazzi B, Gigliotti A P, Grippo A, Sano G. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *Am J Resp Crit Care.* 2003;168:109-13.
20. Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR, Brant T, Inácio EP, Alcântara PT, Carvalho IF. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1974-8.
21. Aliverti A, Dellaca R, Pelosi P, Chiumello D, Gattinoni L, Pedotti A. Compartmental analysis of breathing in the supine and prone positions by optoelectronic plethysmography. *Annals of Biomedical Engineering.* 2001;29:60-70.
22. Cala C, Kenyon M, Ferrigno P, Carnevali P, Aliverti A, Pedotti P. et al. Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. *American Physiological Society.* 1996;2680-9.