

Comparação entre as medidas de cirtometria tóraco-abdominal realizadas em decúbito dorsal e em ortostatismo

Comparison between the measures of thoracoabdominal cirtometry in supine and standing

Comparación entre las medidas de cirtometría tóraco-abdominal realizadas en decúbito dorsal y en ortostatismo

Aline Pedrini¹, Márcia Aparecida Gonçalves¹, Bruna Estima Leal¹, Wellington Pereira dos Santos Yamaguti², Elaine Paulin¹

RESUMO | Com o objetivo de avaliar possíveis diferenças nos valores obtidos na realização da cirtometria tóraco-abdominal em ortostatismo comparado com os resultados aferidos em decúbito dorsal, foram avaliados 30 participantes com média de idade de 27,8±4,4 anos, por meio dos seguintes parâmetros: antropometria, prova de função pulmonar e mobilidade tóraco-abdominal pela cirtometria. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para verificar a normalidade dos dados e o teste *t* pareado para a comparação entre as mensurações obtidas pela cirtometria tóraco-abdominal em decúbito dorsal e em ortostatismo. Não houve diferenças significativas na mobilidade axilar e xifoidea entre as medidas em decúbito dorsal e ortostatismo. A mobilidade abdominal mensurada em ortostatismo (2,54±1,39 cm) foi significativamente menor (34,35%) em comparação à mobilidade obtida em decúbito dorsal (3,71±1,78 cm; $p<0,001$). A cirtometria torácica pode ser realizada em ortostatismo como uma alternativa para a avaliação de pacientes que referem ortopnéia. A cirtometria abdominal também pode ser realizada nessa postura, com a ressalva de ser esperada uma redução em torno de um terço da mobilidade abdominal obtida em decúbito dorsal.

Descritores | Avaliação; Tórax; Decúbito Dorsal.

ABSTRACT | With the objective to evaluate possible differences in the values obtained in the thoracoabdominal cirtometry in orthostatism compared with the results in supine, 30 subjects with mean age 27.8±4.4 years were evaluated according to the following parameters: anthropometry, pulmonary function test and thocacoabdominal cirtometry. Shapiro-Wilk test was used to verify data normality and the *t* test was performed in order to compare the thoracoabdominal cirtometry measurements in supine and in orthostatism positions. There were no significant differences in axillar and xiphoid mobility between measurements obtained in supine and orthostatism. The abdominal mobility measured in orthostatism (2.54±1.39 cm) was significantly lower (34.35%) when compared to the mobility obtained in supine (3.71±1.78 cm; $p<0.001$). The thoracic cirtometry can be performed in orthostatism as an alternative for the evaluation of patients with orthopnea. The abdominal cirtometry can also be performed in this posture, with the expected one-third reduction in the abdominal mobility obtained in supine.

Keywords | Evaluation; Thorax; Supine Position.

RESUMEN | Con el objetivo de evaluar posibles diferencias en los valores obtenidos en la realización de la

Estudo desenvolvido no Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Florianópolis (SC), Brasil.

¹Programa de pós-graduação em Fisioterapia na UDESC - Florianópolis (SC), Brasil.

²Universidade de São Paulo (USP) - São Paulo (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Elaine Paulin - Centro de Ciências da Saúde e do Esporte - Universidade do Estado de Santa Catarina - Rua Pascoal Simone, 358 - CEP: 88080-350 - Florianópolis (SC), Brasil - E-mail: elaine.paulin@udesc.br
Apresentação: maio. 2013. Aceito para publicação: nov. 2013 - Fonte de financiamento: nenhuma - Conflito de interesses: nada a declarar - Parecer de aprovação no Comitê de Ética nº 74/2011.

cirtometria tóraco-abdominal em ortostatismo comparados com os resultados medidos em decúbito dorsal, foram avaliados 30 participantes com média de idade de $27,8 \pm 4,4$ anos, por meio de los seguintes parâmetros: antropometria, prova de função pulmonar y movilidad tóraco-abdominal por la cirtometria. El test de *Shapiro-Wilk* fue utilizado para verificar la normalidad de los datos y el test *t* pareado para la comparación entre las mediciones obtenidas por la cirtometria tóraco-abdominal en decúbito dorsal y en ortostatismo. No hubo diferencias significativas en la movilidad axilar y xifoidea entre las medidas en decúbito dorsal

y ortostatismo. La movilidad abdominal medida en ortostatismo ($2,54 \pm 1,39$ cm) fue significativamente menor (34,35%) en comparación a la movilidad obtenida en decúbito dorsal ($3,71 \pm 1,78$ cm; $p < 0,001$). La cirtometria torácica puede ser realizada en ortostatismo como una alternativa para la evaluación de pacientes que refieren ortopnea. La cirtometria abdominal también puede ser realizada en esa postura, con la salvedad de ser esperada una reducción en torno de un tercio de la movilidad abdominal obtenida en decúbito dorsal.

Palabras clave | Evaluación; Tórax; Posición Supine.

INTRODUÇÃO

A mensuração da mobilidade tóraco-abdominal tem sido considerada um importante parâmetro para a avaliação das disfunções respiratórias e monitoramento de programas de treinamento em diferentes populações¹⁻³. Vários instrumentos têm sido utilizados para avaliar os padrões respiratórios⁴, entre eles: pletismografia por indutância⁵, magnetometria⁶, monitores a laser⁷ e sistemas de análise por imagens de vídeo⁸. Apesar de considerados precisos para a avaliação dos movimentos da parede torácica, esses instrumentos possuem um alto custo, o que torna limitada a sua utilização na prática clínica⁹.

A cirtometria, também chamada de perimetria tóraco-abdominal, consiste em um conjunto de medidas das circunferências do tórax e abdômen durante os movimentos respiratórios e tem como objetivo quantificar a mobilidade tóraco-abdominal de maneira simples, acessível e com baixo custo, sendo necessária apenas uma fita métrica para a sua realização¹⁰. Malaguti *et al.*¹¹ realizaram avaliações da cirtometria tóraco-abdominal em 26 pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) em 2 dias distintos e com 2 observadores independentes entre si, e encontraram uma alta reprodutibilidade intra e interobservadores das medidas. O mesmo resultado foi descrito no estudo de Caldeira *et al.*¹⁰, no qual 2 observadores independentes realizaram 3 medidas de cirtometria em 40 indivíduos saudáveis, encontrando também uma alta confiabilidade intra e interobservadores, o que comprova que a cirtometria é um método reprodutível para a avaliação da mobilidade tóraco-abdominal.

Embora muito utilizada na prática clínica, a cirtometria ainda é um método com pouca investigação científica e muito questionado¹² por não existir uma padronização para a sua realização. A maioria dos estudos^{10,11,13} faz uso da cirtometria com os participantes

em decúbito dorsal, porém, recentemente foi descrita a técnica com os participantes em ortostatismo e foi encontrada uma boa reprodutibilidade entre três avaliadores distintos¹⁴. Contudo, os autores não demonstraram se essa forma de avaliação difere da realizada com os sujeitos em decúbito dorsal.

A avaliação da cirtometria na postura ortostática pode facilitar a colocação da fita métrica ao redor do tórax e abdômen, além de permitir a avaliação de pacientes submetidos a cirurgias tóraco-abdominais, de indivíduos obesos e de pacientes com pneumopatias e cardiopatias crônicas, que frequentemente apresentam ortopnea. Diante disso, faz-se necessário investigar se existem diferenças nos valores obtidos pela cirtometria tóraco-abdominal em diferentes posturas. O objetivo desse estudo foi comparar os valores obtidos na realização da cirtometria tóraco-abdominal em ortostatismo com os resultados aferidos em decúbito dorsal.

METODOLOGIA

O estudo se caracteriza por ser do tipo transversal. Foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos (74/2011) e todos os participantes foram previamente esclarecidos sobre o estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme determina a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

No laboratório de fisioterapia respiratória (LAFIR) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), foi avaliada uma amostra de conveniência composta por 30 voluntários saudáveis que deveriam preencher os seguintes critérios de inclusão: apresentar prova de função pulmonar normal, índice de massa corporal < 30 kg/m²,

não ser tabagista, não apresentar doenças cardiorrespiratórias ou neuromusculares, ou qualquer outra disfunção que pudesse interferir na realização dos testes. Foram considerados como critérios de exclusão: incapacidade de realizar alguma das medidas de avaliação propostas por falta de compreensão ou colaboração e solicitação de exclusão do estudo.

Os participantes foram avaliados uma única vez por um mesmo avaliador, quanto aos parâmetros: antropometria, prova de função pulmonar e cirtometria tóraco-abdominal.

Para aferição da massa corporal foi utilizada uma balança previamente calibrada. Os participantes foram instruídos a usarem roupas leves, retirarem os calçados ao subirem na balança e permanecerem eretos, com a cabeça para frente até estabilização do valor aferido. Para mensuração da estatura foi usado um estadiômetro, sendo que os participantes deveriam estar também sem calçados, com calcanhares unidos. Obtidos os valores antropométricos (massa corporal e estatura), foi calculado o índice de massa corporal (IMC) pela seguinte equação: massa corporal/estatura² (kg/m²).

A prova de função pulmonar foi realizada com um espirômetro digital portátil *EasyOne* (*ndd Medical Technologies*), previamente calibrado, de acordo com os métodos e critérios recomendados pela *American Thoracic Society* (ATS)¹⁵. Foram mensurados os seguintes parâmetros: Capacidade Vital Forçada (CVF), Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF₁) e a relação VEF₁/CVF. Foram realizadas no mínimo três manobras aceitáveis e duas reprodutíveis. As variáveis espirométricas foram expressas em valores absolutos e em valor percentual dos valores previstos de normalidade¹⁶.

A avaliação da mobilidade tóraco-abdominal foi realizada por meio da cirtometria com uma fita métrica (*Prim*, Ind. Brasil. Korona), em duas posturas sucessivamente: (1) participante em decúbito dorsal e (2) participante em ortostatismo. Em decúbito dorsal, o participante era posicionado com 0° de inclinação, sem travesseiro, com os membros superiores ao longo do corpo e tórax descoberto. Após a realização da cirtometria nessa postura, foi solicitado ao mesmo que ficasse em pé, com os membros superiores ao longo do corpo e o exame foi repetido.

Em ambas as posturas foram medidas as circunferências de três pontos anatômicos na seguinte ordem: prega axilar, processo xifoide e linha umbilical em dois momentos distintos: inspiração máxima

e expiração máxima. A diferença entre as medidas obtidas na inspiração e expiração máximas em cada nível anatômico foi considerada como a mobilidade tóraco-abdominal de cada região aferida. Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador, com experiência para a realização da cirtometria, e cada medida foi repetida duas vezes em todos os níveis anatômicos, sendo considerada a média entre os dois valores obtidos.

Os dados foram analisados usando o programa *SPSS for Windows*, versão 17.0 (*IBM SPSS Statistics*, IBM, Armonk, NY, USA) e tratados com análise descritiva (média e desvio padrão) e análise inferencial. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para verificar a normalidade do dados e homogeneidade da variância. Para a comparação entre as mensurações obtidas pela cirtometria tóraco-abdominal em decúbito dorsal e em ortostatismo, foi utilizado o teste *t* pareado. Foi adotado o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

O tamanho amostral foi determinado por meio de um teste bicaudal para o cálculo de diferença de médias, de acordo com os seguintes pressupostos obtidos pela análise dos 10 primeiros voluntários: diferença entre as posturas para a mobilidade axilar de 0,75 cm; desvio padrão de 1,37 cm; poder de teste de 80% e nível de significância de 5%, sugerindo um tamanho amostral de 29 indivíduos.

RESULTADOS

Foram avaliados 30 participantes (13 homens e 17 mulheres) com idade média de 27,8±4,4 anos. Um participante foi excluído do estudo por apresentar prova de função pulmonar alterada (VEF₁<80%). As características antropométricas e função pulmonar dos participantes estão descritas na Tabela 1. A função pulmonar dos participantes apresentou-se dentro dos parâmetros de normalidade (Tabela 1).

Os valores da mobilidade tóraco-abdominal encontram-se descritos na Tabela 2. Não houve diferença significativa da mobilidade axilar ($p=0,55$) e xifoidea ($p=0,68$) entre as mensurações obtidas em decúbito dorsal e em ortostatismo. A mobilidade abdominal mensurada em ortostatismo (2,79±1,79 cm) foi significativamente menor (34,35%) em comparação à mobilidade obtida em decúbito dorsal (4,25±2,08 cm) ($p < 0,001$).

Tabela 1. Características antropométricas e função pulmonar dos participantes

Variáveis	Média±DP (n=29)
Idade (anos)	27,80±4,40
Massa corporal (kg)	65,66±13,48
Estatura (m)	169,31±9,67
IMC (kg/m ²)	22,73±3,22
CVF (L)	4,25±0,95
CVF (%)	95,52±8,58
VEF ₁ (L)	3,51±0,66
VEF ₁ (%)	94,24±8,73
VEF ₁ /CVF (L)	0,91±0,23
VEF ₁ /CVF (%)	107,28±27,64

CVF: capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; IMC: índice de massa corporal; DP: desvio padrão

Tabela 2. Valores de mobilidade tóraco-abdominal dos participantes avaliados em decúbito dorsal e em ortostatismo

	Decúbito dorsal	Ortostatismo	Valor p
Mobilidade axilar (cm)	6,84±1,62	6,33±1,65	0,55
Mobilidade xifoide (cm)	5,92±1,81	5,82±1,48	0,68
Mobilidade abdominal (cm)	4,25±2,08	2,79±1,79	<0,001*

Os valores são expressos pela média±desvio padrão. *Foi considerado como diferença estatisticamente significante p<0,05

DISCUSSÃO

No presente estudo, a mobilidade tóraco-abdominal de indivíduos saudáveis foi quantificada por meio da cirtometria em decúbito dorsal e em ortostatismo. Os resultados mostraram que os valores da cirtometria torácica (regiões axilar e xifoide) foram semelhantes nas duas posturas investigadas. Já em relação à cirtometria abdominal, foi observada uma redução significativa de 34,35% na mobilidade obtida em ortostatismo em relação à obtida em decúbito dorsal.

A cirtometria é um método amplamente utilizado, de fácil execução e baixo custo, sendo necessária apenas uma fita métrica para a sua realização¹⁰. Vários estudos têm utilizado esse recurso para a avaliação da mobilidade tóraco-abdominal, e entre os estudos encontrados todos descrevem a realização da cirtometria com o indivíduo posicionado em decúbito dorsal^{10,11,13}.

A ortopneia é descrita como uma dificuldade respiratória que ocorre quando o paciente encontra-se em decúbito dorsal e que é aliviada quando o mesmo adota a postura ortostática¹⁷. Esse sintoma é frequentemente relatado por pacientes submetidos a cirurgias torácicas¹⁸, com cardiomiopatias¹⁹, paralisia do nervo frênico²⁰, tromboembolismo pulmonar²¹, obesidade mórbida²², DPOC²³ e outros quadros de insuficiência respiratória²⁴. Nesses indivíduos, a mensuração da cirtometria em ortostatismo pode ser uma opção que

viabilizaria a realização do exame com menor intolerância em comparação ao decúbito dorsal. Em nosso estudo não foram encontradas diferenças significativas entre as medidas da cirtometria realizadas em decúbito dorsal e em ortostatismo nas regiões axilar (7,45%) e xifoide (1,7%). Esse resultado pode ter sido decorrente da arquitetura estrutural do arcabouço torácico que manteve a sustentação da caixa torácica em ambas as posturas investigadas, tornando a movimentação torácica semelhante. Alguns autores^{25,26} descrevem que durante o repouso, em posturas verticais (sentado ou em ortostatismo), o abdômen apresenta uma complacência semelhante à da caixa torácica, podendo ter suas propriedades elásticas alteradas com a mudança de posicionamento para níveis mais horizontais. Em relação à mobilidade avaliada na região abdominal, houve diferença significativa quando comparadas as duas posturas, sendo que a mobilidade abdominal em ortostatismo foi menor (34,35%) em comparação à mobilidade obtida em decúbito dorsal. Nossos resultados corroboram os apresentados em estudos anteriores utilizando diferentes instrumentos de medida para a avaliação da mobilidade abdominal^{27,28}. Esses estudos relatam que a postura adotada durante a avaliação influenciou significativamente a mobilidade da parede abdominal tanto em indivíduos saudáveis quanto em indivíduos com doenças neuromusculares.

Recentemente, Magalhães²⁹ investigou a mobilidade tóraco-abdominal por meio da pletismografia optoeletrônica em 20 indivíduos (10 saudáveis e 10 portadores de esclerose lateral amiotrófica) e observou um aumento da mobilidade abdominal na postura em decúbito dorsal quando comparada com a postura sentada, o que corrobora a afirmação de Verschakelen e Demetes³⁰, de que em decúbito dorsal as pessoas tendem a apresentar uma respiração abdominal. O aumento da mobilidade abdominal em decúbito dorsal pode ser explicado pelo maior deslocamento do músculo diafragma no sentido crânio-caudal devido à maior força de oposição gerada pela pressão hidrostática do abdômen nas regiões dependentes. No decúbito dorsal, o peso das vísceras abdominais desloca o diafragma no sentido cefálico reduzindo o raio de curvatura do diafragma, gerando consequentemente, maior mobilidade devido à relação tensão-comprimento mais favorável³¹.

A postura de decúbito dorsal tem sido mais utilizada pelos pesquisadores, contudo, diante das limitações para realizar a avaliação em decúbito dorsal em indivíduos que relatam ortopneia, surge a proposta de mensurar a cirtometria desses indivíduos na postura ortostática.

Diante disso, sugere-se que mais estudos sejam realizados com a cirtometria tóraco-abdominal mensurada na postura ortostática, considerando que sua reprodutibilidade já foi confirmada em um estudo prévio¹⁴.

A principal limitação do presente estudo foi a ausência de aleatorização das posturas para a mensuração da cirtometria tóraco-abdominal. O desenho metodológico definiu que os indivíduos teriam a avaliação da cirtometria realizada primeiramente em decúbito dorsal e posteriormente em ortostatismo. Dessa forma, o efeito esperado para a segunda postura avaliada (ortostática) seria uma possível otimização dos resultados decorrente do efeito aprendido, resultando em ganhos de amplitude de movimento. No entanto, foi observado que a mobilidade abdominal apresentou redução nessa postura, o que significa que de fato a alteração de compliance do compartimento abdominal, pela alteração de posicionamento corporal, foi o principal fator responsável pela variação da mobilidade abdominal.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os valores da mobilidade torácica das regiões axilar e xifoide foram semelhantes tanto na postura ortostática quanto em decúbito dorsal. Dessa forma, a cirtometria tóraco-abdominal pode ser realizada em ortostatismo como uma alternativa para a avaliação de pacientes que referem ortopneia. A cirtometria abdominal também pode ser realizada nessa postura, com a ressalva de ser esperada uma redução de aproximadamente um terço da mobilidade abdominal obtida em decúbito dorsal.

REFERÊNCIAS

1. Paulin E, Brunetto AF, Carvalho CRF. Effects of a physical exercises program designed to increase thoracic mobility in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Bras Pneumol*. 2003;29(5):287-94.
2. Riciéri DV, Rosário Filho NA. Effectiveness of a photogrammetric model for the analysis of thoracoabdominal respiratory mechanics in the assessment of isovolume maneuvers in children. *J Bras Pneumol*. 2009;35(2):144-50.
3. Yamaguti WP, Claudino RC, Neto AP, Chammas MC, Gomes AC, Salge JM, et al. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(4):571-7.
4. Cohn MA, Rao AS, Broudy M, Birch S, Watson H, Atkins N. The respiratory inductive plethysmograph: a new non-invasive monitor of respiration. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1982;18(4):643-58.
5. Bloch KE, Li Y, Zhang J, Bingisser R, Kaplan V, Weder W, et al. Effect of surgical lung volume reduction on breathing patterns in severe pulmonary emphysema. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(2Pt1):553-60.
6. Scano G. Normal thoracoabdominal motion. *Monaldi Arch Chest Dis*. 1999;54(3):287-8.
7. Kondo T, Uhlig T, Pemberton P, Sly PD. Laser monitoring of chest wall displacement. *Eur Resp J*. 1997;10(8):1865-9.
8. Aliverti A, Uva B, Laviola M, Bovio D, Lo Mauro A, Tarperi C, et al. Concomitant ventilatory and circulatory functions of the diaphragm and abdominal muscles. *J Appl Physiol*. 2010;109(5):1432-40.
9. Riciéri DV. Validação de um protocolo de fotogrametria computadorizada e quantificação angular do movimento tóraco-abdominal durante a ventilação tranquila [dissertação]. Uberlândia (MG): Centro Universitário do Triângulo; 2000.
10. Caldeira VS, Starling CCD, Britto RR, Martins JA, Sampaio RF, Parreira VF. Precisão e acurácia da cirtometria em adultos saudáveis. *J Bras Pneumol*. 2007; 33(5):519-26.
11. Malaguti C, Rondelli RR, de Souza LM, Domingues M, Dal Corso S. Reliability of chest wall mobility and its correlation with pulmonary function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care*. 2009;54(12):1703-11.
12. Tesch CB. Estudo da mobilidade tóraco-abdominal e da atividade muscular respiratória em diferentes posturas e em testes de função pulmonar [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade Metodista de Piracicaba; 2007.
13. Kakizaki F, Shibuya M, Yamazaki T, Yamada M, Suzuki H, Homma I. Preliminary report on the effects of respiratory muscle stretch gymnastics on chest wall mobility in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care*. 1999;44(4):409-14.
14. Borgui-Silva A, Mendes RG, Silva ES, Paulucci HL, Picchi PC, Di Lorenzo VAP. Medida da amplitude tóraco-abdominal como método de avaliação dos movimentos do tórax e abdômen em indivíduos jovens saudáveis. *Fisioter Brasil*. 2006;7(1):25-9.
15. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisations of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26(2):319-38.
16. 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.
17. Mukerji V. Dyspnea, Orthopnea, and Paroxysmal Nocturnal Dyspnea. In: Walker HK, Hall WD, Hurst JW, editors. *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*. 3rd edition. Boston: Butterworths; 1990. Chapter 11.
18. Foroulis CN, Zarogoulidis K, Papakonstantinou C. The role of surgery in the management of malignant pleural mesothelioma. *J BUON*. 2009;14(2):173-81.
19. Wexler RK, Elton T, Pleister A, Feldman D. Cardiomyopathy: an overview. *Am Fam Physician*. 2009;79(9):778-84.
20. Ikegami G, Abe T, Akasaka K, Kouyama A, Souma R, Matsuo T, et al. Bilateral phrenic nerve paralysis manifested by orthopnea for 6 months in a patient with neuralgic amyotrophy. *Intern Med*. 2009;48(24):2123-7.
21. Stein PD, Sostman HD, Hull RD, Goodman LR, Leeper KV Jr, Gottschalk A, et al. Diagnosis of pulmonary embolism in the coronary care unit. *Am J Cardiol*. 2009;103(6):881-6.

22. Ferretti A, Giampiccolo P, Cavalli A, Milic-Emili J, Tantucci C. Expiratory flow limitation and orthopnea in massively obese subjects. *Chest*. 2001;119(5):1401-8.
23. Eltayara L, Ghezzi H, Milic-Emili J. Orthopnea and tidal expiratory flow limitation in patients with stable COPD. *Chest*. 2001;119(1):99-104.
24. Ursella S, Mazzone M, Portale G, Conti G, Antonelli M, Gentiloni Silveri N. The use of non-invasive ventilation in the treatment of acute cardiogenic pulmonary edema. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2007;11(3):193-205.
25. Agostoni E, Rahn H. Abdominal and thoracic pressures at different lung volumes. *J Appl Physiol*, 1960;15:1087-92.
26. Wade OL. Movements of the toracic cage and diaphragm in respiration. *J. Physiol*. 1954;124(2):193-212.
27. Lo Mauro A, D'Angelo MG, Romei M, Motta F, Colombo D, Comi GP, *et al*. Abdominal volume contribution to tidal volume as an early indicator of respiratory impairment in Duchenne muscular dystrophy. *Eur Respir J*. 2010;35(5):1118-25.
28. Romei M, Mauro AL, D'Angelo MG, Turcono AC, Bresolin N, Pedotti A, *et al*. Effects of gender and posture on thoraco-abdominal kinematics during quiet breathing in healthy adults. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;172(3):184-91.
29. Magalhães CM. Análise da cinemática dos compartimentos da parede torácica nas posições supino e sentada de pacientes com esclerose lateral amiotrófica [dissertação]. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
30. Verschakelen JA, Demedts MG. Normal thoracoabdominal motions. Influence of sex, age, posture and breath size. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;151(2Pt1):399-405.
31. 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.