

# Influência da variação dos decúbitos laterais na deposição pulmonar de aerossol

Influence of change in lateral decubitus on pulmonary aerosol deposition

Luciana Alcoforado<sup>1</sup>, Luiz C. Pessoa Filho<sup>1†</sup>, Daniella C. Brandão<sup>1</sup>, André M. Galvão<sup>1</sup>, Cyda M. A. Reinaux<sup>1</sup>, Armèle Dornelas de Andrade<sup>2</sup>

## Resumo

**Contextualização:** O decúbito lateral apresenta as maiores mudanças em relação à ventilação pulmonar regional e é utilizado na rotina da fisioterapia respiratória. **Objetivos:** Avaliar a influência do decúbito lateral na deposição pulmonar de radioaerossol durante a inalação em indivíduos jovens e relacionar os efeitos desse decúbito na rotina terapêutica. **Métodos:** Em estudo randomizado em duas fases, foram incluídos oito homens voluntários saudáveis, com média de idade de 23,6±2,5 anos. Na primeira fase, inalou-se aerossol durante nove minutos no decúbito lateral sorteado e, após intervalo de cinco a sete dias, realizou-se a segunda fase. Para a cintilografia, inalou-se uma dose média de ácido dietilnortriaminopentacético marcado com tecnécio (DTPA – TC<sup>99m</sup>), com uma atividade radioativa em média de 25 milicuries (mCi). Ao final da inalação, as imagens foram adquiridas em câmaras de cintilação e analisadas por meio da divisão longitudinal e transversal dos pulmões em regiões de interesse (ROI). Para análise estatística, utilizou-se o teste *t* de Student pareado, considerando significativo  $p \leq 0,05$ . **Resultados:** A inalação em decúbito lateral direito apresentou, na ROI posterior do pulmão direito, um maior número de contagem ( $p \leq 0,04$ ) quando comparada à ROI posterior do pulmão esquerdo. No decúbito lateral esquerdo, observou-se um maior número de contagem no pulmão esquerdo ( $p \leq 0,02$ ) do que na ROI posterior do pulmão direito. **Conclusões:** A deposição das partículas de aerossol durante inalação apresentou um comportamento decúbito dependente nas duas fases do estudo, ratificando técnicas e recursos terapêuticos baseados na fisiologia da ventilação decúbito dependente e sugere a utilização do posicionamento corporal na rotina terapêutica.

**Palavras-chave:** ventilação pulmonar; postura; cintilografia; fisioterapia.

## Abstract

**Background:** The lateral decubitus position leads to the greatest changes in regional pulmonary ventilation and is used in respiratory physical therapy routines. **Objectives:** To evaluate the influence of the lateral decubitus position on the pulmonary deposition of inhaled radioaerosol particles in young people and report the effects of the decubitus position on routine therapy. **Methods:** Eight healthy male volunteers, mean age 23.6±2.5 years, were included in a randomized study in two phases. In the first phase, aerosol was inhaled for nine minutes in a randomly-selected lateral decubitus position and after an interval of 5 to 7 days, the second phase was conducted. Pulmonary scintigraphy was carried out by inhalation of 25 mCi of 99mTc-DTPA. Following inhalation, images were acquired with scintillation cameras and regions of interest (ROI) were investigated in the longitudinal and cross-sectional divisions of the lungs. Statistical analysis included a paired Student's *t*-test with a significance level of  $p \leq 0.05$ . **Results:** Inhalation in the right lateral decubitus position presented higher counts ( $p \leq 0.04$ ) in posterior ROI of the right lung than in the posterior ROI of the left lung. In the left lateral decubitus position, the count was higher in the left lung ( $p \leq 0.02$ ) than in the posterior ROI of the right lung. **Conclusions:** The deposition of aerosol particles during inhalation was position-dependent in the two phases of the study, which confirms the validity of technical and therapeutic resources based on the physiology of position-dependent ventilation and suggests that body positioning can be used to advantage in routine therapy.

**Keywords:** pulmonary ventilation; posture; scintigraphy; physical therapy.

**Recebido:** 27/04/2010 – **Revisado:** 11/10/2010 – **Aceito:** 26/04/2011

<sup>1</sup>Laboratório de Fisioterapia Cardiorrespiratória, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Departamento de Fisioterapia, UFPE

<sup>†</sup>In memoriam

**Correspondência para:** Luciana Alcoforado, Departamento de Fisioterapia, Av. Moraes Rego, S/N, Cidade Universitária, CEP 50670-091, Recife, PE, Brasil, e-mail: lucalcoforado@yahoo.com.br

## Introdução

Na prática clínica, o posicionamento corporal pode ser utilizado com o objetivo de otimizar o transporte de oxigênio, melhorar a relação ventilação–perfusão, incrementar volumes e capacidades pulmonares e favorecer o aumento da depuração mucociliar, além de reduzir o trabalho respiratório e o cardíaco<sup>1-4</sup>.

Dentre os posicionamentos corporais, o decúbito lateral é o que apresenta as maiores mudanças em relação a volumes estáticos, ventilação regional, perfusão e capacidade de difusão pulmonar<sup>5-8</sup>. Isso se deve à direção craniocaudal do vetor gravidade, que resulta em um gradiente de pressão hidrostática entre os pulmões<sup>5-8</sup>.

Em humanos, quando respiram espontaneamente, há um incremento da ventilação na região pulmonar dependente quando comparada com a não-dependente, em decúbito lateral direito ou esquerdo. Esse comportamento se deve ao gradiente de pressão pleural na vertical, ocasionando uma diminuição do volume pulmonar e alta complacência do pulmão dependente<sup>5-10</sup>.

A melhor compreensão fisiológica dos efeitos da posição corporal na função cardiopulmonar e troca gasosa faz com que o posicionamento corporal e, principalmente, as posições verticalizadas sejam utilizados não só para minimizar os efeitos deletérios do repouso prolongado, mas também minimizar ações invasivas e farmacológicas, otimizar as estratégias de tratamento das doenças cardiopulmonares e recursos terapêuticos, tais como técnicas de reexpansão e desobstrução pulmonar que sejam favorecidas pela ventilação regional<sup>1-3</sup>.

A utilização do decúbito lateral e a influência da força da gravidade na rotina terapêutica para otimizar a reexpansão e desobstrução pulmonar é bem elucidada na literatura científica. Entretanto, são escassos os estudos que evidenciam a influência desse posicionamento na ventilação regional pulmonar de forma isolada em indivíduos jovens. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do decúbito lateral na deposição pulmonar de radioaerosol durante a nebulização em indivíduos jovens e relacionar os efeitos desse decúbito na rotina terapêutica.

## Materiais e métodos

Participaram do estudo oito voluntários saudáveis, do sexo masculino, com média de idade de 23,6±2,5 anos, não-fumantes e sem história prévia de patologia cardiopulmonar. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil, com

registro nº. 014/1999, conforme resolução 196/96, e o termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado por todos os voluntários do estudo.

O cálculo amostral foi estimado a partir de um estudo-piloto realizado com quatro voluntários submetidos às duas fases do estudo. Utilizou-se o software GPower 3.1, considerando-se  $\alpha=0,05$  e poder estatístico  $1-\beta=0,95$ . O tamanho de efeito foi calculado levando em conta as médias e o desvio-padrão do número de contagens presente no pulmão infralateral, quando em decúbito lateral. Assim, o tamanho amostral estimado totalizou 16 análises cintilográficas do pulmão infralateral, sendo que cada um dos oito indivíduos participou das duas fases do estudo, uma para o pulmão direito e outra para o pulmão esquerdo.

O estudo constou de duas fases realizadas de forma randomizada por meio de sorteio simples para definir o decúbito inicial – direito ou esquerdo. Na primeira fase, cada voluntário fez a inalação do aerosol no decúbito lateral determinado pelo sorteio prévio e, após um intervalo de cinco a sete dias, foi realizada a segunda fase com nova inalação no outro decúbito. As duas fases do estudo foram realizadas no mesmo período do dia, ou seja, a manhã, sob as mesmas condições de temperatura, umidade e pressão.

Inicialmente os indivíduos foram submetidos a uma avaliação clínica com ênfase no sistema respiratório. A avaliação constou de anamnese, aferição de frequência respiratória, análise do padrão respiratório, medidas das pressões inspiratória máxima, partindo do volume residual, e expiratória máxima, partindo da capacidade pulmonar total (*Manovacuômetro Marshal Town Instrumentation Industries MV - 120*) e medida do pico de fluxo expiratório (*Peak Flow Meter Astech Center Laboratories*).

Para a cintilografia de inalação pulmonar, administrou-se uma dose média de ácido dietilnortriaminopentacético, marcado com tecnécio (DTPA – TC<sup>99m</sup>), com uma atividade radioativa em média de 25 milicuries (mCi)<sup>11</sup>. Para a nebulização do radioaerosol, utilizou-se peça bucal acoplada a válvulas unidirecionais – ramo inspiratório e expiratório – conectada ao nebulizador para radioisótopos *Venticis® II Medical device, class II, CE 0459 (Ventibox/CIS Bio International, France)*, utilizando um fluxo de oxigênio gerador da névoa de 8 L/min e com o volume total da solução fisiológica a 0,9%, padronizado em 5 ml.

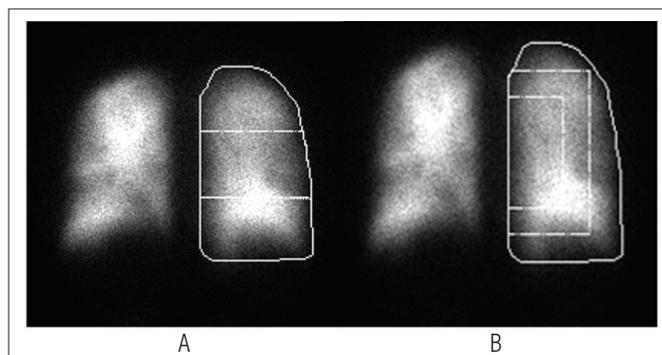
A inalação foi realizada em decúbito lateral durante nove minutos, e os pacientes foram previamente orientados a usarem a respiração oral de maneira lenta e profunda. Após a inalação, os pacientes foram orientados a lavar a boca e beber água para limpar a orofaringe e o esôfago do radioaerosol depositado nessas regiões.

Ao final da inalação, as imagens foram adquiridas em câmara de cintilação de duas cabeças anguláveis (*Vertex Dual Head / ADAC Laboratórios – Califórnia – CA, 1994*) com matriz

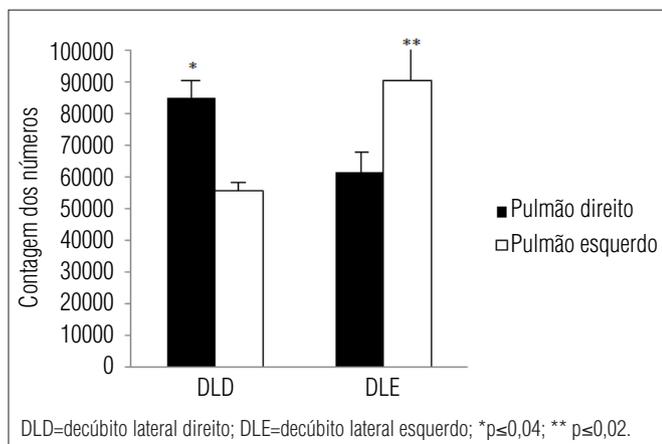
de 128 x 128 x 16, sendo as imagens limitadas a 200.000 contagens. Os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal, horizontal e orientados a não se movimentarem durante a aquisição.

A fim de analisar a deposição do aerossol nos diversos segmentos pulmonares, foram delimitadas regiões de interesse (ROI), no sentido transversal – região superior, média e inferior – (Figura 1A) e no longitudinal – região central, intermediária e periférica (Figura 1B)<sup>12-16</sup>.

A comparação entre a deposição pulmonar do radioaerossol em cada pulmão teve como parâmetro o número de contagens captadas pela câmara de cintilografia em cada ROI, sendo comparadas nas duas fases. As ROI delimitadas eram gravadas no computador após a primeira fase e transportadas para analisar a segunda fase, a fim de que, com tal procedimento, se pudesse certificar se as áreas estudadas tinham as mesmas dimensões e limites. Isso se evidenciou pela manutenção do número de pixels para cada ROI em cada fase. A análise qualitativa das imagens foi realizada considerando o maior número de pixels para cada pulmão.



**Figura 1.** Delimitação das regiões de interesse (ROI) no sentido transversal (A): regiões superior, média e inferior e, no sentido longitudinal (B): regiões central, intermediária e periférica.



**Figura 2.** Deposição de aerossol nos pulmões direito e esquerdo após as duas fases do estudo.

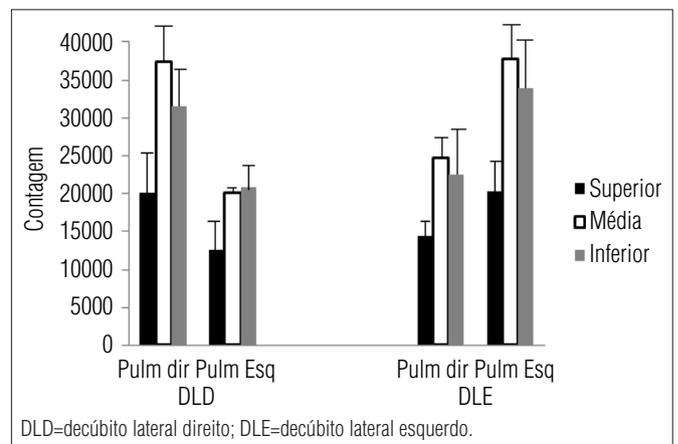
Para análise estatística, utilizou-se inicialmente o teste de Kolmogorov-Sminov, para avaliar o padrão de distribuição da amostra, e o teste *t* de Student pareado. Os resultados foram apresentados em média e desvio-padrão. A análise foi processada pelo software estatístico SPSS 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Todos os testes foram aplicados com 95% de confiança.

## Resultados

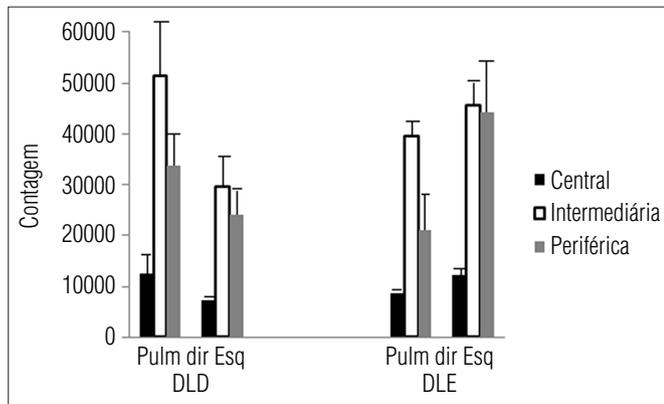
A nebulização em decúbito lateral direito mostrou, na ROI posterior do pulmão direito, um maior número de contagem ( $p \leq 0,04$ ), com média de  $85308 \pm 5155,70$ , quando comparado à ROI posterior do pulmão esquerdo (média  $55777 \pm 1612$ ). Ao avaliar a deposição de partículas no decúbito lateral esquerdo, observou-se um maior número de contagem no pulmão esquerdo ( $p \leq 0,02$ ), com média de  $90457 \pm 15152,71$ , do que na ROI posterior do pulmão direito (média  $61462,40 \pm 8042,86$ ) (Figura 2).

Ao realizar a comparação das ROI entre o decúbito lateral direito e o esquerdo no sentido transversal, observou-se que a variação no número de contagens apresentou-se maior na região média e inferior do pulmão dependente, quando comparada à região superior; para o pulmão direito, quando em decúbito dependente, região superior (média de  $20169 \pm 4842$ ), média (média de  $37390,20 \pm 9080,79$ ) e inferior (média de  $31478,60 \pm 5155,70$ ); para o pulmão esquerdo, quando em decúbito dependente, região superior (média de  $20321,20 \pm 4803,34$ ), média (média de  $37770 \pm 7907,35$ ) e inferior (média de  $33966 \pm 6125,67$ ), sem diferenças estatísticas quando comparadas (Figura 3).

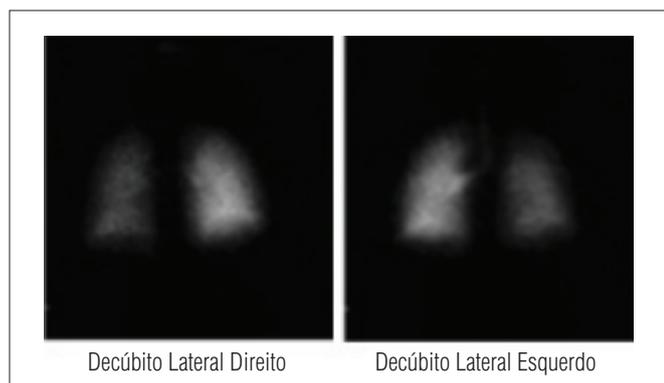
Ao analisar as ROI no sentido longitudinal, observou-se que a variação no número de contagens apresentou-se da seguinte maneira: para o pulmão direito, quando em decúbito dependente, região central (média de  $12539,60 \pm 2735,70$ ),



**Figura 3.** Deposição de radioaerossol nas regiões pulmonares superior, média e inferior nas duas fases do estudo.



**Figura 4.** Deposição de radioaerossol nas regiões pulmonares central, intermediária e periférica nas duas fases do estudo.



**Figura 5.** Imagens cintilográficas posteriores dos pulmões evidenciando o comportamento decúbito dependente da deposição do aerossol.

intermediária (média de  $51490,80 \pm 13072,24$ ) e periférica (média de  $33817 \pm 4839,17$ ); para o pulmão esquerdo, quando em decúbito dependente, região central (média de  $12199 \pm 1189,81$ ), intermediária (média de  $45500,20 \pm 5242$ ) e periférica (média de  $44159,20 \pm 9025$ ), com  $p > 0,05$  quando comparadas. Observou-se que a variação no número de contagens apresentou-se maior na região intermediária e periférica do pulmão decúbito dependente, como representado esquematicamente na Figura 4.

A análise qualitativa das imagens demonstra que a variação da deposição do aerossol nos segmentos pulmonares tem comportamento decúbito dependente (Figura 5).

## Discussão

A deposição das partículas de aerossol durante nebulização apresentou um comportamento decúbito dependente quando o voluntário assumiu a posição de decúbito lateral nas duas fases do estudo.

Resultados semelhantes foram encontrados em um estudo com pessoas idosas por Krieg et al.<sup>5</sup> ao avaliarem a distribuição

da ventilação pulmonar na posição sentada e em decúbito lateral direito, utilizando a cintilografia pulmonar de dez voluntários saudáveis, com idade acima de 65 anos, e observaram um aumento da ventilação pulmonar nas regiões dependentes do pulmão em ambas as posições.

Para realizar a avaliação das imagens obtidas, Krieg et al.<sup>5</sup> dividiram o pulmão em três regiões no sentido craniocaudal: apical, média e basal e em duas regiões no sentido lateromedial: lateral e medial. Em seus achados, observaram que a maior deposição de partículas ocorreu na região média e na basal, quando sentados e em decúbito lateral, no pulmão infralateral na região medial.

Apesar de diferentes pontos metodológicos no que concerne à idade da amostra estudada, à divisão das ROI e à utilização da posição sentada para comparação, o estudo acima citado corrobora nossos achados, já que, ao analisar as imagens cintilográficas, observou-se uma maior deposição nas zonas intermediária e periférica, quando considerado o corte longitudinal e médio e inferior, no corte transversal do pulmão infralateral.

Esses achados podem ser respaldados pelas bases da fisiologia pulmonar, mostrando que as diferenças de ventilação regional são resultantes da variação vertical da pressão pleural, e elas, sofrem influências do campo gravitacional<sup>17-23</sup>.

O decúbito lateral é caracterizado por uma elevada ventilação regional no pulmão infralateral. Essa ventilação preferencial pode ser resultado da conjugação de três elementos mecânicos: a gravidade, a queda relativa do mediastino em direção ao plano de apoio e a posição cranial do hemidiafragma infralateral, provocada pela pressão hidrostática das vísceras sobre sua face inferior<sup>5-9</sup>.

Os resultados obtidos neste estudo sugerem, tanto quantitativamente como qualitativamente, que a deposição do aerossol durante a nebulização é favorecida nas áreas dependentes dos pulmões, quando utilizado o padrão respiratório diafragmático associado ao posicionamento corporal. Esses achados nos indicam não só como se comporta a deposição do aerossol com a variação dos decúbitos laterais, mas também como se comporta a ventilação pulmonar nesses decúbitos.

A utilização da força da gravidade e o posicionamento corporal como recurso terapêutico, objetivando reexpansão e desobstrução pulmonar, são bastante descritos na literatura, porém raramente são utilizados de forma isolada; é mais frequente o seu uso associado a outras técnicas de higiene brônquica, o que torna difícil distinguir seu papel específico<sup>24-28</sup>.

Dentre as várias técnicas, a drenagem postural (DP) foi amplamente utilizada na fisioterapia respiratória para remoção de secreção brônquica por muitos anos e vem sendo substituída por novas técnicas, tais como drenagem autógena, ciclo

ativo da respiração, *PEP - mask*<sup>®</sup>, *FLUTTER*<sup>®</sup>, as técnicas de expiração lenta total com a glote aberta em decúbito infralateral (ELTGOL) e exercícios a fluxo inspiratório controlado (EDIC), dentre outras<sup>24-28</sup>.

Por definição, a DP objetiva o escoamento das secreções traqueobrônquicas por efeito da gravidade, utilizando diversas posturas baseadas na anatomia da árvore brônquica. Não são muitos os trabalhos publicados a respeito da efetividade da DP na depuração brônquica, sendo ainda inconclusivas as evidências sobre a sua efetividade quando se considera essa técnica isoladamente<sup>24-28</sup>.

Lannefors e Wollmer<sup>30</sup> analisaram a depuração mucociliar por meio da análise cintilográfica em nove pacientes com fibrose cística e compararam três técnicas de fisioterapia respiratória, a DP, a pressão positiva expiratória (PEP) e o exercício físico. Não observaram diferenças significativas entre os resultados com a técnica utilizada, porém, nos resultados da DP, quando analisados os dois pulmões, observaram que houve uma depuração mucociliar maior no pulmão infralateral, contradizendo as bases teóricas da DP.

No presente estudo, ao analisar a deposição do radioaerosol no pulmão infralateral, quando em decúbito lateral direito ou esquerdo, observou-se um maior número de contagens no pulmão infralateral, obtendo-se um comportamento contra-gravitacional na deposição pulmonar, assim como Lannefors e Wollmer<sup>30</sup> em seu estudo.

As posturas utilizadas na técnica de DP não ocupam, atualmente, posição tão importante na terapia de desobstrução brônquica quanto ocupavam antes. Estudos recentes atrelam os benefícios da DP à sua associação com diversas outras técnicas<sup>24,26-30</sup>.

Baseadas na fisiologia da ventilação e da respiração das regiões dependentes em decúbito lateral e explorando as particularidades desse decúbito, técnicas que objetivam a depuração mucociliar têm revelado inclusive que a posição infralateral por si só, isto é, em ausência de qualquer manobra, chega a produzir uma depuração espontânea importante das regiões dependentes infralaterais do pulmão<sup>29</sup>.

A ELTGOL é uma técnica que, a partir da expiração lenta, iniciada na capacidade residual funcional (CRF) e continuada até o volume residual (VR), objetiva a mobilização contragravitacional das secreções nas vias aéreas médias e periféricas em decúbito lateral, melhorando, assim, o clearance mucociliar do pulmão dependente<sup>24</sup>.

Postiaux et al.<sup>29</sup>, estudando oito pacientes com patologia pulmonar, divididos em duas etapas, controle e intervenção,

avaliaram a depuração mucociliar por meio de imagens cintilográficas pulmonares. Nos resultados obtidos, observaram que, na etapa controle, não houve diferença significativa na depuração mucociliar, quando comparado com o pulmão infralateral e supralateral. Porém, ao comparar o controle com a ação da manobra ELTGOL, encontraram diferença a partir dos 40 minutos da realização das manobras.

Martins et al.<sup>24</sup> analisaram o efeito da ELTGOL na depuração mucociliar em 20 pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica por meio de análise cintilográfica das áreas pulmonares total, periférica, intermediária e central do pulmão direito e do esquerdo. Em desenho randomizado, o estudo foi realizado em duas etapas (controle e intervenção), com intervalo de uma semana entre elas. Ao avaliar as imagens obtidas no pulmão infralateral, no decúbito lateral direito, ocorreu um aumento na depuração mucociliar na região periférica do pulmão direito durante as fases do estudo, mostrando, assim, a seletividade da técnica nesses pacientes. No pulmão esquerdo, não foi observada diferença significativa na área periférica<sup>24</sup>.

Nossos achados confirmam as bases fisiológicas da ELTGOL que utiliza as alterações na ventilação pulmonar promovidas pelo decúbito lateral. No presente estudo, ao avaliar o número de partículas de radioaerosol depositadas, observou-se uma maior deposição nas zonas intermediária e periférica do pulmão infralateral, quando comparado ao supralateral, assim como Martins et al.<sup>24</sup>.

Algumas limitações podem ser listadas neste estudo. A primeira foi a ausência da avaliação da perfusão pulmonar nesses voluntários nos decúbitos propostos. A segunda foi não ter avaliado o clareamento pulmonar nos indivíduos estudados devido a impossibilidades técnicas do serviço onde se realizou a pesquisa.

## Conclusão

A deposição pulmonar de aerosol, quando realizada a nebulização em decúbito lateral, é preferencialmente distribuída no pulmão decúbito dependente e tem melhor deposição nos segmentos médio e inferior e nas zonas pulmonares intermediária e periférica. Nossos achados embasam e reforçam a ação das técnicas e dos recursos terapêuticos que, baseados na fisiologia da ventilação, visam otimizar o tratamento de diversas patologias, facilitar a inaloterapia e melhorar a depuração brônquica. Renovam, assim, o interesse de relacionar os efeitos do posicionamento corporal na rotina terapêutica.

## Referências

1. Massery M. What's positioning got to do with it? *Neurology Report*. 1994;18(3):11-4.
2. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest*. 2000;118(6):1801-13.
3. Ross J, Dean E, Abboud RT. The effect of postural drainage positioning on ventilation homogeneity in healthy subjects. *Phys Ther*. 1992;72(11):794-9.
4. Kaneko K, Milic-Emili J, Dolovich MB, Dawson A, Bates DV. Regional distribution of ventilation and perfusion as a function of body position. *J Appl Physiol*. 1966;21(3):767-77.
5. Krieg S, Alison JA, McCarren B, Cowell S. Position affects distribution of ventilation in the lungs of older people: an experimental study. *Aust J Physiother*. 2007;53(3):179-84.
6. Manning F, Dean E, Ross J, Abboud RT. Effects of side lying on lung function in older individuals. *Phys Ther*. 1999;79(5):456-66.
7. Chang H, Lai-Fook SJ, Domino KB, Schimmel C, Hildebrandt J, Robertson HT, et al. Spatial distribution of ventilation and perfusion in anesthetized dogs in lateral postures. *J Appl Physiol*. 2002;92(2):745-62.
8. Hazlett DR, Medina J. Postural effects on the bruit and right-to-left shunt of pulmonary arteriovenous fistula. *Chest*. 1971;60(1):89-92.
9. Choe KH, Kim YT, Shim TS, Lim CM, Lee SD, Koh Y, et al. Closing volume influences the postural effect on oxygenation in unilateral lung disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161(6):1957-62.
10. Milic-Emili J, Henderson JA, Dolovich MB, Trop D, Kaneko K. Regional distribution of inspired gas in the lung. *J Appl Physiol*. 1966;21(3):749-59.
11. França EE, Dornelas de Andrade AF, Cabral G, Almeida Filho P, Silva KC, Galindo Filho VC, et al. Nebulization associated with bi-level noninvasive ventilation: analysis of pulmonary radioaerosol deposition. *Resp Med*. 2006;100(4):721-8.
12. Chamberlain MJ, Morgan WK, Vinitzki S. Factors influencing the regional deposition of inhaled particles in man. *Clin Sci (Lond)*. 1983;64(1):69-78.
13. Laube BL, Swift DL, Wagner HN Jr, Norman PS, Adams GK 3rd. The effect of bronchial obstruction on central airway deposition of a saline aerosol in patients with asthma. *Am Rev Respir Dis*. 1986;133(5):740-3.
14. Graham DR, Chamberlain MJ, Hutton L, King M, Morgan WK. Inhaled particle deposition and body habitus. *Br J Ind Med*. 1990;47(1):38-43.
15. O'Riordan TG, Smaldone GC. Regional deposition and regional ventilation during inhalation of pentamidine. *Chest*. 1994;105(2):396-401.
16. Laube BL, Jashnani R, Dalby RN, Zeitlin PL. Targeting aerosol deposition in patients with cystic fibrosis: effects of alterations in particle size and inspiratory flow rate. *Chest*. 2000;118(4):1069-76.
17. Magnant J, Vecellio L, de Monte M, Grimbert D, Valat C, Boissinot E, et al. Comparative analysis of different scintigraphic approaches to assess pulmonary ventilation. *J Aerosol Med*. 2006;19(2):148-59.
18. Fazzi P, Borsò E, Albertelli R, Mariani G, Giuntini C. Comparative performance of two inhaler systems to assess distribution of convective ventilation by 99mTc-labeled aerosol scintigraphy in patients with airway obstruction. *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2009;53(4):428-36.
19. Bettinelli D, Kays C, Bailliar O, Capderou A, Techoueyres P, Lachaud JL, et al. Effect of gravity and posture on lung mechanics. *J Appl Physiol*. 2002;93(6):2044-52.
20. Glaister DH. The effect of posture on the distribution of ventilation and blood flow in the normal lung. *Clin Sci*. 1967;33(2):391-8.
21. Bryan AC, Bentivoglio LG, Beerel F, Macleish H, Zidulka A, Bates DV. Factors affecting regional distribution of ventilation and perfusion in the lung. *J Appl Physiol*. 1964;19(3):395-402.
22. Otis AB, McKerrow CB, Bartlett RA, Mead J, McIlroy MB, Selver-Stone NJ, et al. Mechanical factors in distribution of pulmonary ventilation. *J Appl Physiol*. 1956;8(4):427-43.
23. Dornelas de Andrade A, Dean E, Rocco PRM. Relação ventilação/perfusão. In: Rocco PRM; Zin WA autores. *Fisiologia respiratória aplicada*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2009. p. 95-106.
24. Martins JA, Andrade AD, Assis RS, Lara R, Parreira VF. The effects of ELTGOL on mucociliary clearance in patients with COPD. *Eur Respir Rev*. 2006;15(101):192-3.
25. McCool FD, Rosen MJ. Nonpharmacologic airway clearance therapies: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2006;129(1 Suppl):250S-9.
26. van der Schans CP, Postma DS, Koeter GH, Rubin BK. Physiotherapy and bronchial mucus transport. *Eur Respir J*. 1999;13(6):1477-86.
27. Pryor JA. Physiotherapy for airway clearance in adults. *Eur Respir J*. 1999;14(6):1418-24.
28. Fink JB. Positioning versus postural drainage. *Respir Care*. 2002;47(7):769-77.
29. Postiaux G, Lens E, Alsteens G, Portelange P. Efficacité de l'expiration lente totale glotte ouvert en décubitus latéral (ELTGOL): sur la toilette em périphérie de l'arbre trachéobronchique. *Ann Kinesithér*. 1990;17(3):87-99.
30. Lannefors L, Wollmer P. Mucus clearance with three chest physiotherapy regimes in cystic fibrosis: a comparison between postural drainage, PEP and physical exercise. *Eur Respir J*. 1992;5(6):748-53.