

# Mobilidade diafragmática direita e esquerda em indivíduos saudáveis e na doença pulmonar obstrutiva crônica

*Mobility of right and left hemidiaphragms in healthy individuals and in individuals with chronic obstructive pulmonary disease*

*Movilidad diafragmática derecha e izquierda en individuos saludables y en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica*

Ana Karla Vieira Brüggemann<sup>1</sup>, Bruna Estima Leal<sup>2</sup>, Márcia Aparecida Gonçalves<sup>2</sup>, Liseane Lisboa<sup>3</sup>, Michelle Gonçalves de Souza Tavares<sup>4</sup>, Elaine Paulin<sup>5</sup>

**RESUMO** | Avaliar o músculo diafragma é importante para verificar suas possíveis alterações ou disfunções. Existem várias formas de avaliar a mobilidade diafragmática, mas poucos estudos que comparam a mobilidade do hemidiafragma direito com o esquerdo. O objetivo deste estudo é avaliar se existem diferenças entre a mobilidade diafragmática das hemicúpulas direita e esquerda em indivíduos saudáveis e em indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DOCP), bem como comparar a mobilidade diafragmática entre homens e mulheres, e entre pacientes saudáveis e com DPOC. Foram avaliados 40 indivíduos saudáveis e 40 indivíduos com diagnóstico clínico de DPOC. Utilizaram-se os parâmetros antropométricos, cardiopulmonares e avaliação da mobilidade diafragmática pelo método radiográfico. Os dados foram analisados estatisticamente e tratados com análise descritiva (média e desvio-padrão) e análise inferencial. Para comparar a mobilidade das hemicúpulas diafragmáticas direita e esquerda, utilizou-se o teste t pareado. O nível de significância adotado para o tratamento estatístico foi de 5% ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença da mobilidade diafragmática tanto do lado direito quanto do lado esquerdo nos indivíduos saudáveis ( $p = 0,45$ ) e nos indivíduos com DPOC ( $p = 0,77$ ), assim como não houve diferenças quando os grupos foram separados por sexo. Foi

encontrada uma diferença importante comparando tanto a mobilidade diafragmática do lado direito quanto do lado esquerdo entre indivíduos saudáveis e DPOC ( $p < 0,001$ ). Concluiu-se que a mobilidade diafragmática das hemicúpulas direita e esquerda em indivíduos saudáveis e em indivíduos com DPOC é a mesma. Não há diferença da mobilidade entre homens e mulheres. A mobilidade diafragmática é reduzida em paciente com DPOC.

**Descritores** | Diafragma; Movimento; Radiografia.

**ABSTRACT** | To evaluate the diaphragm muscle is important for verifying its possible changes or malfunctions. There are several ways to evaluate the diaphragmatic mobility, but only a few compare the mobility of the right hemidiaphragm with the left one. The aim of this study was to evaluate whether there are differences between the mobility of right and left hemidiaphragms in healthy individuals and individuals with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), as well as to evaluate the diaphragmatic mobility between men and women, and between healthy and COPD patients. We evaluated 40 healthy individuals and 40 individuals with clinical diagnosis of COPD. Anthropometric and cardiopulmonary parameters were used. The diaphragmatic mobility was evaluated by radiography.

Estudo realizado no Laboratório de Fisioterapia Respiratória (Lafir) do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina (Cefid/Udesc) – Florianópolis (SC), Brasil.

<sup>1</sup>Mestre em Fisioterapia pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) – Florianópolis (SC), Brasil.

<sup>2</sup>Mestre em Fisioterapia pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) – Florianópolis (SC), Brasil.

<sup>3</sup>Graduada em Medicina pela Universidade da Região de Joinville (Univille) – Joinville (SC), Brasil.

<sup>4</sup>Doutoranda em Ciências Médicas na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis (SC), Brasil. Docente do curso de Fisioterapia da Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisol) – Palhoça (SC), Brasil.

<sup>5</sup>Doutora em Ciências (Fisiopatologia Experimental) pela Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil. Docente do curso de Fisioterapia da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) – Florianópolis (SC), Brasil.

Data were statistically analyzed and processed with descriptive analysis (mean and standard deviation) and inferential analysis. To compare the mobilities of the right and left hemidiaphragms, the paired t-test was used. The significance level adopted for statistical treatment was 5% ( $p < 0.05$ ). There was no difference of the diaphragmatic mobility for both left and right sides in healthy individuals ( $p = 0.45$ ) and individuals with COPD ( $p = 0.77$ ). Also, no differences were found when groups were separated according to sex. An important difference was found comparing both diaphragmatic mobilities of the right and left sides between healthy and COPD individuals ( $p < 0.001$ ). We concluded that mobility of left and right hemidiaphragms in healthy and COPD individuals is the same. There is no difference for mobility between men and women. Diaphragmatic mobility is reduced in COPD patients.

**Keywords** | Diaphragm; Movement; Radiography.

**RESUMEN** | Evaluar el músculo diafragma es importante para certificar sus posibles alteraciones o disfunciones. Hay varias maneras de evaluar la movilidad diafragmática, sin embargo, pocos estudios que comparan la movilidad del hemidiafragma derecho con el izquierdo. El objetivo de este estudio es evaluar si hay diferencias entre la movilidad diafragmática de las hemicúpulas derecha e izquierda en individuos saludables y en individuos con Enfermedad Pulmonar Obstrutiva Crónica

(EPOC), así como comparar la movilidad diafragmática entre hombres y mujeres, y entre pacientes saludables y con EPOC. Fueron evaluados 40 individuos saludables y 40 individuos con diagnóstico clínico de EPOC. Se utilizaron los parámetros antropométricos, los cardiopulmonares y la evaluación de la movilidad diafragmática por el método radiográfico. Los datos fueron analizados estadísticamente y tratados con el análisis descriptivo (promedio y desviación estándar) y el análisis inferencial. Para comparar la movilidad de las hemicúpulas diafragmáticas derecha e izquierda, se utilizó la prueba t pareada. El nivel de significancia adoptado para el tratamiento estadístico fue del 5% ( $p < 0,05$ ). No hubo diferencia de la movilidad diafragmática tanto del lado derecho cuanto del lado izquierdo en los individuos saludables ( $p = 0,45$ ) y en los individuos con EPOC ( $p = 0,77$ ), así como no hubo diferencias cuando los grupos fueron separados por sexo. Fue encontrada una diferencia importante comparando tanto la movilidad diafragmática del lado derecho cuanto del lado izquierdo entre individuos saludables y EPOC ( $p < 0,001$ ). Se concluyó que la movilidad diafragmática de las hemicúpulas derecha e izquierda en individuos saludables y en individuos con EPOC es la misma. No hay diferencia de la movilidad entre hombres y mujeres. La movilidad diafragmática es reducida en paciente con EPOC.

**Palabras clave** | Diafragma; Movimiento; Radiografía.

## INTRODUÇÃO

O diafragma é considerado o principal músculo da ventilação. Na sua anatomia, ele separa o tórax da cavidade abdominal e apresenta diferenças entre as hemicúpulas, uma vez que a hemicúpula diafragmática direita é mais elevada que a esquerda<sup>1,2</sup>. A excursão craniocaudal desse músculo promove a efetiva atuação da mecânica pulmonar, provocando alterações morfológicas e funcionais na cavidade torácica e abdominal, culminando com a entrada de ar nos pulmões. Para isso, é essencial que o diafragma se movimente em sua plenitude, com a relação comprimento-tensão ideal e que ocorra interação eficiente com os músculos abdominais<sup>1,3</sup>.

Existem vários métodos de diagnóstico por imagem para avaliar a mobilidade diafragmática, dentre eles a fluoroscopia<sup>4-6</sup>, a tomografia axial computadorizada<sup>7</sup>, a ressonância nuclear magnética<sup>8,9</sup>, a radiografia de tórax<sup>10-13</sup> e a ultrassonografia<sup>7,14-18</sup>. Cada técnica tem suas particularidades na observação do músculo diafragma, considerando custo, exposição à radiação e disponibilidade

do método no ambiente de avaliação<sup>19,20</sup>. Avaliar a mobilidade do músculo diafragma é importante para entender e diagnosticar alterações decorrentes de disfunção do sistema nervoso central e/ou periférico, de doenças musculares, torácicas e/ou abdominais, entre outras que podem comprometer o funcionamento do músculo<sup>20</sup>.

Entre as disfunções diafragmáticas que podem comprometer a mobilidade do diafragma, destacam-se paresia ou paralisia, eventração, elevação e rebaixamento da hemicúpula<sup>6,21-24</sup>. Essas alterações podem ocorrer devido a cirurgias, traumatismo, tumores, infecção ou doenças que afetem a inervação ou as fibras musculares<sup>19,20</sup>. Como exemplo, destacam-se os pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), que apresentam alteração da cúpula diafragmática<sup>3</sup> e redução da mobilidade diafragmática<sup>5,8,25-27</sup> ocasionada, principalmente, pelo aprisionamento de ar decorrente da doença<sup>25,26</sup>, obstrução das vias aéreas<sup>5,25,26</sup> e hiperinsuflação pulmonar<sup>8</sup>, entre outras condições clínicas e cirúrgicas. Sendo assim, a avaliação da mobilidade diafragmática possibilitará monitorar a posição e o movimento do hemidiafragma após uma intervenção<sup>28</sup>.

Além disso, ao identificar a redução da mobilidade diafragmática no paciente, o fisioterapeuta poderá estabelecer um tratamento mais direcionado e efetivo.

Existem várias pesquisas que avaliaram a mobilidade diafragmática, tanto em indivíduos saudáveis quanto naqueles com alguma doença<sup>7,10,11,14-16,25,27,29,30</sup>. Porém, poucos estudos comparam a existência de diferenças entre a mobilidade diafragmática direita com a esquerda<sup>5,7,10,11,29</sup> e alguns avaliam apenas a mobilidade da hem cúpula diafragmática direita<sup>14,16,25,27,30</sup>.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar se existem diferenças entre a mobilidade diafragmática das hem cúpulas direita e esquerda em indivíduos saudáveis e em indivíduos com DPOC, bem como comparar a mobilidade diafragmática entre homens e mulheres e entre saudáveis e pacientes com DPOC.

## METODOLOGIA

Este estudo se caracteriza como observacional analítico, transversal e de abordagem quantitativa realizado no Laboratório de Fisioterapia Respiratória (Lafir) do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina (Cefid/Udesc) após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Udesc (parecer nº 668.409) e assinatura do Termo de Consentimento Livre e esclarecido por todos os participantes da pesquisa.

### Casística

Foram selecionados 40 indivíduos saudáveis e 40 indivíduos com DPOC por acessibilidade e voluntariado. Para os indivíduos saudáveis, os critérios de inclusão foram: prova de espirometria normal (CVF e  $VEF_1 \geq 80\%$  do previsto e  $VEF_1/CVF \geq 0,7$ ), índice de massa corporal (IMC)  $< 30 \text{ kg/m}^2$ , não tabagista, sem diagnóstico clínico de doenças cardiorrespiratórias e/ou neurológicas, mulheres não gestantes e/ou suspeita de gestação, sem diagnóstico de câncer e/ou histórico da doença ou qualquer outra disfunção que pudesse interferir na realização dos testes. Foram excluídos do estudo indivíduos que apresentassem incapacidade de realização de algum dos procedimentos da pesquisa (falta de compreensão ou colaboração), intercorrências clínicas do trato respiratório (gripe ou resfriado) e solicitação de exclusão da pesquisa.

Para indivíduos com DPOC, os critérios de inclusão foram: diagnóstico de DPOC segundo a classificação

do *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD2013), estabilidade clínica no último mês e no início do protocolo de avaliação, saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ) no repouso  $> 90\%$ , não dependentes de suplemento de oxigênio, inexistência de outras doenças respiratórias, doenças cardiovasculares ou musculoesqueléticas associadas, pacientes sem envolvimento em programas de treinamento nos 6 meses anteriores ao início deste estudo, pacientes que não foram submetidos a cirurgias recentes em tronco ou em membros inferiores e/ou que não tiveram fraturas nos 6 meses anteriores. Os critérios de exclusão foram: incapacidade de realizar qualquer uma das avaliações do estudo (falta de compreensão ou colaboração), exacerbação da doença durante a pesquisa, intercorrências clínicas de natureza cardiorrespiratória e/ou musculoesqueléticas durante as avaliações e desistência do paciente durante o período de avaliação.

### Procedimento de coleta dos dados

Os indivíduos foram submetidos a avaliações de parâmetros antropométricos e cardiopulmonares, realizados no primeiro dia de avaliação e conduzidos por um único avaliador. Após avaliação inicial, os indivíduos foram encaminhados, mediante agendamento, para análise da mobilidade diafragmática pelo método radiográfico.

### Avaliação antropométrica e cardiopulmonar

A massa corporal e a estatura foram avaliadas por uma balança, previamente calibrada, e um estadiômetro (*Welmy* modelo W200/5). Calculou-se o índice de massa corporal (IMC) pela equação:  $\text{massa corporal} / \text{estatura}^2$  ( $\text{kg/m}^2$ ) e classificados em: baixo peso ( $\leq 18,5 \text{ kg/m}^2$ ), eutrófico ( $18,5-24,9 \text{ kg/m}^2$ ), sobrepeso ( $25,0-29,9 \text{ kg/m}^2$ ) e obeso ( $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ )<sup>31</sup>.

Foram mensurados os seguintes parâmetros cardiopulmonares: frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ) com o oxímetro de pulso (MD300C11) e exame espirométrico.

### Espirometria

Realizou-se a espirometria com a utilização do espirômetro digital portátil (*EasyOne*, Ndd), previamente calibrado, de acordo com os métodos e critérios recomendados pela *American Thoracic Society*<sup>32</sup>. Foram avaliados a capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) e a

razão  $VEF_1/CVF$  antes e 15 minutos após a inalação do broncodilatador (BD) salbutamol (400 $\mu$ g).

As variáveis espirométricas foram expressas em valores absolutos e em valor percentual dos valores previstos de normalidade, segundo os determinados por Pereira et al.<sup>33</sup>. Adotaram-se os critérios para prova pulmonar normal de  $CVF$  e  $VEF_1 \geq 80\%$  do predito e  $VEF_1/CVF \geq 0,7$ .

### Mobilidade diafragmática

Avaliou-se a mobilidade diafragmática por meio da radiografia de tórax em incidência anteroposterior (AP), que é um método válido<sup>18</sup>, confiável e reprodutível para avaliação direta da mobilidade diafragmática<sup>11</sup>. Primeiramente colocou-se uma régua de graduação radiopaca sob o tronco dos indivíduos, na direção longitudinal e no sentido craniocaudal, próximo à transição toracoabdominal, para posterior realização da correção da ampliação determinada pela divergência dos raios. Em seguida, os indivíduos foram posicionados na mesa de radioscopia em decúbito dorsal.

Antes de realizar o exame, mensurou-se a capacidade vital lenta (CVL) com o ventilômetro (*Wright Respirometer Brit.*, UK) para garantir que os indivíduos fizessem o máximo de volume durante a avaliação da mobilidade diafragmática. A CVL foi mensurada no momento expiratório, a partir da capacidade pulmonar total (CPT) até próximo ao volume residual (VR) e, na sequência, no momento inspiratório, uma respiração partindo do VR até próximo à CPT.

Radiologistas experientes realizaram os exames de radiografia, orientando os indivíduos de forma padronizada quanto à respiração nos momentos expiratório e inspiratório, para registrar a máxima movimentação do músculo, tanto no momento expiratório quanto no inspiratório. A máxima movimentação do músculo foi confirmada ao executar a ventilometria durante o exame

e comparada com os valores pré-exame. Registraram-se as imagens radiográficas no mesmo filme, em inspiração e expiração máximas.

Com o objetivo de garantir a integridade física dos avaliadores, os radiologistas orientaram os indivíduos quanto à realização da manobra respiratória atrás de uma parede baritada para evitar a exposição à radiação, juntamente com o fisioterapeuta, que acompanhou todos os procedimentos e anotou o valor obtido na CVL em cada momento respiratório.

Para minimizar os possíveis problemas metodológicos, o mesmo fisioterapeuta acompanhou a realização de todas as radiografias, e foram padronizadas: a técnica radiográfica, a postura adotada durante a exposição, estímulo verbal e a realização da ventilometria antes e durante a aquisição das imagens para garantir o máximo de excursão diafragmática durante o exame.

Determinou-se a medida da mobilidade diafragmática por meio do método da mobilidade diafragmática pela distância ( $MD_{dist}$ )<sup>11</sup>. Para mensurar a  $MD_{dist}$ , foi identificado na radiografia em expiração máxima o ponto mais alto da hemicúpula diafragmática direita. A partir deste ponto, traçou-se uma linha longitudinal até encontrar a hemicúpula diafragmática em inspiração máxima. O mesmo procedimento foi realizado para obtenção da mobilidade do hemidiafragma esquerdo. A mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo foi determinada pela distância entre os pontos em expiração e inspiração máximas mensurada por meio da utilização de um paquímetro de inox (*Somet 150mm/6*) (Figura 1).

Para correção da ampliação da imagem causada pela divergência dos raios X, foi utilizada uma fórmula de correção: mobilidade corrigida (mm) = mobilidade medida (mm)  $\times 10$  / medida da graduação da régua (mm). Ao final, os valores em milímetros foram convertidos em centímetros.

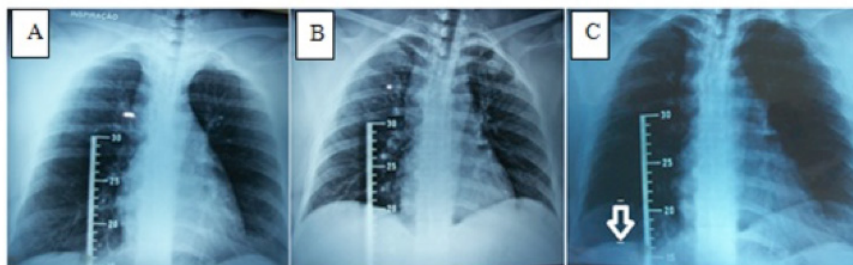


Figura 1. Radiografias de tórax, em incidência AP, em máxima expiração sobre em máxima inspiração, utilizando como referência a imagem da régua radiográfica. A: Radiografia em máxima expiração. B: Radiografia em máxima inspiração. C: Sobreposição das radiografias de máxima expiração e de máxima inspiração, utilizando como referência a imagem da régua radiográfica para avaliar a mobilidade diafragmática.

### Análise estatística

Os dados foram analisados usando o programa SPSS for Windows 20.0 (IBM SPSS Statistics) e tratados com análise descritiva (média e desvio-padrão) e análise inferencial. Utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados.

O teste t pareado foi aplicado para comparar a mobilidade das hemicúpulas diafragmática direita e esquerda tanto para o grupo de indivíduos saudáveis quanto nos indivíduos com DPOC. Para comparar a mobilidade diafragmática entre homens e mulheres e entre os grupos saudáveis e DPOC, empregou-se o teste t de *Student*. O nível de significância adotado para o tratamento estatístico foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

### RESULTADOS

Foram avaliados 40 indivíduos saudáveis (23 mulheres e 17 homens), com média de idade de  $62,98 \pm 7,11$  anos, e 40 indivíduos com diagnóstico clínico de DPOC (20 mulheres e 20 homens), com média de idade de  $66,21 \pm 7,8$  anos. Tanto os indivíduos saudáveis como os indivíduos com DPOC foram classificados como sobrepeso ( $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$ ). A espirometria demonstrou média de valores dentro da normalidade para os indivíduos saudáveis e a média para os indivíduos com DPOC classifica como moderados a grave (Tabela 1).

Tabela 1. Características antropométricas e cardiopulmonares dos participantes do estudo

| Variáveis                        | Saudáveis (n=40) | DPOC (n=40) |
|----------------------------------|------------------|-------------|
| IMC (kg/m <sup>2</sup> )         | 27,18±3,6        | 26,96±5,7   |
| FC (bpm)                         | 77,40±10,7       | 80,82±13,9  |
| SpO <sub>2</sub> (%)             | 97,98±0,5        | 96,59±1,9   |
| CVF (L)                          | 3,40±0,8         | 2,44±0,8*   |
| CVF (% do previsto)              | 95,73±9,75       | 67,82±16,5* |
| VEF <sub>1</sub> (L)             | 2,61±0,6         | 1,42±0,6*   |
| VEF <sub>1</sub> (% do previsto) | 93,20±9,6        | 50,0±18,4*  |
| VEF <sub>1</sub> /CVF (L)        | 0,77±0,06        | 0,56±0,1*   |

Fonte: Os valores foram expressos em média ± desvio-padrão; n: número de indivíduos; kg: quilogramas; m: metros; IMC: índice de massa corporal; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por minuto; SpO<sub>2</sub>: saturação periférica de oxigênio; CVF (L): valor em litros da capacidade vital forçada; CVF (% previsto): porcentagem estimada da capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub> (L): valor em litros do volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF<sub>1</sub> (% previsto): porcentagem estimada do volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF<sub>1</sub>/CVF (L): relação VEF<sub>1</sub> e CVF em litros. \* $p < 0,001$

Não houve diferença estatisticamente entre a mobilidade diafragmática do lado direito quanto do lado esquerdo nos grupos de indivíduos saudáveis e de indivíduos com DPOC (Figura 2).

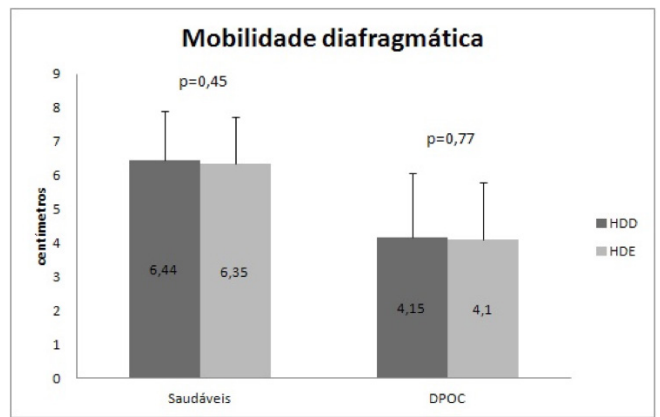


Figura 2. Comparação entre as mobilidades dos hemidiafragmas direito e esquerdo de saudáveis e DPOC

HDD: mobilidade da hemicúpula diafragmática direita em centímetros; HDE: mobilidade da hemicúpula diafragmática esquerda em centímetros. \*Foi considerado como diferença estatisticamente significante  $p < 0,05$

Não houve diferença estatisticamente entre a mobilidade diafragmática do lado direito quanto do lado esquerdo nos grupos de indivíduos saudáveis e de indivíduos com DPOC separados por sexo (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação entre as mobilidades dos hemidiafragmas direito e esquerdo entre sexo nos grupos DPOC e saudáveis

|           | Variáveis | Homens    | Mulheres  | P    |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| DPOC      | HDD (cm)  | 4,49±1,98 | 3,79±1,80 | 0,25 |
|           | HDE (cm)  | 4,43±1,81 | 3,76±1,54 | 0,21 |
| Saudáveis | HDD (cm)  | 6,43±1,57 | 6,44±1,42 | 0,99 |
|           | HDE (cm)  | 6,49±1,42 | 6,25±1,32 | 0,58 |

Fonte: Os valores foram expressos em média ± desvio-padrão; HDD: mobilidade da hemicúpula diafragmática direita; HDE: mobilidade da hemicúpula diafragmática esquerda; cm: centímetros; p: nível de significância. \*Foi considerado como diferença estatisticamente significante  $p < 0,05$

Foi encontrada uma diferença estatisticamente significante quando comparados os valores de mobilidade diafragmática direita e esquerda entre os grupos DPOC e saudável (Figura 3).

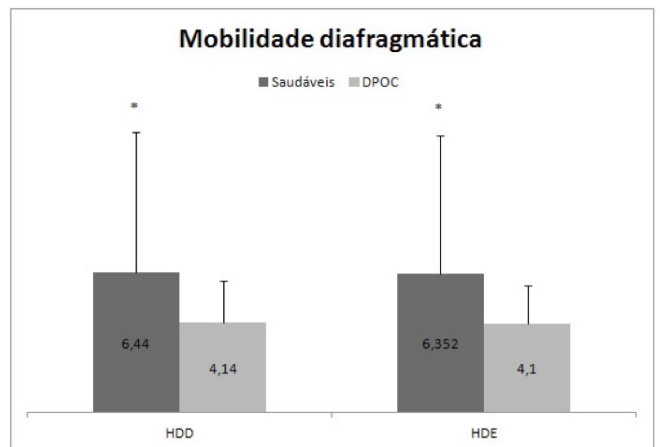


Figura 3. Comparação das mobilidades dos hemidiafragmas direito e esquerdo entre saudáveis e DPOC.

HDD: mobilidade da hemicúpula diafragmática direita em centímetros; HDE: mobilidade da hemicúpula diafragmática esquerda em centímetros. \* $p < 0,001$

Calculou-se o poder da amostra de 40 participantes saudáveis e 40 pacientes com DPOC realizando um cálculo amostral *post hoc*, por meio do teste t no programa *GPower* 3.1. Em todas as análises, considerou-se um erro de 5%, e o poder encontrado nessa amostra para observar a diferença da mobilidade diafragmática em saudáveis e em pacientes com DPOC foi de 1.0.

## DISCUSSÃO

Neste estudo não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as mobilidades dos hemidiafragmas direito e esquerdo, tanto em indivíduos saudáveis como em indivíduos com DPOC. Em indivíduos saudáveis, Saltiel et al.<sup>11</sup>, ao analisar a confiabilidade do método radiográfico para avaliar a mobilidade diafragmática, também não encontraram diferenças entre a mobilidade direita e esquerda nesses indivíduos, assim como Gonçalves et al.<sup>10</sup>, que avaliaram a mobilidade diafragmática em adolescentes saudáveis de 13 a 18 anos pelo mesmo método. Já com relação aos poucos estudos em pacientes com DPOC, He et al.<sup>7</sup> também não encontraram diferenças na mobilidade diafragmática esquerda e direita mediante avaliação por meio do ultrassom, concordando com os resultados de Unal et al.<sup>5</sup>, que analisaram pela fluoroscopia.

Quando realizada a comparação entre sexo em ambos os grupos, também não foram encontradas diferenças significantes, sugerindo que homens e mulheres saudáveis ou com DPOC possuem a mobilidade dos hemidiafragmas semelhantes. No entanto, Kantarci et al.<sup>34</sup> encontraram diferenças na mobilidade diafragmática direita e esquerda entre homens e mulheres saudáveis, sugerindo, por meio de análise de regressão múltipla, que o sexo talvez seja um fator importante na influência da mobilidade diafragmática. Os valores médios encontrados pelos autores também diferem dos resultados de nosso estudo, apresentando valores menores tanto para os homens (5,27±1,10cm HDD e 5,41±1,26cm HDE) quanto para as mulheres (4,69±1,03cm HDD e 4,75±1,03cm HDE). Além disso, outras diferenças que podem ter interferido na divergência dos resultados são a quantidade desigual de participantes homens (n=99) e mulheres (n=65) em cada grupo e também a ausência de descrição da avaliação espirométrica para confirmação de que os indivíduos não apresentavam alterações pulmonares que interferissem na mobilidade do diafragma, pois sabe-se que alterações

na mobilidade diafragmática estão diretamente relacionadas com parâmetros de função pulmonar que quantificam o aprisionamento de ar e obstrução das vias aéreas<sup>5,26</sup>. Parreira et al.<sup>35</sup> demonstraram por meio de pletismografia respiratória por indutância que, apesar das mulheres apresentarem um padrão respiratório, como volume corrente, ventilação minuto e tempo total do ciclo respiratório significativamente menores do que os homens, o deslocamento do compartimento abdominal parece ser semelhante tanto nos homens quanto nas mulheres na posição supina, o que pode sugerir que nessa posição a excursão do diafragma não se altera independente do sexo.

Destaca-se que já se esperava que pacientes com DPOC apresentassem menor mobilidade diafragmática tanto direita quanto esquerda quando comparados aos indivíduos saudáveis<sup>5,7,25,26</sup>. Em indivíduos com DPOC, a mobilidade diafragmática está diminuída devido à obstrução das vias aéreas e hiperinsuflação pulmonar causadas pela doença, que afetam a função do diafragma<sup>5,26,36</sup>. Essas alterações pulmonares podem comprometer a mobilidade diafragmática e reduzir sua contribuição no movimento toracoabdominal, diminuindo o efeito mecânico da contração diafragmática<sup>8,9,26</sup>. Aparentemente, a desvantagem mecânica imposta pelo aprisionamento de ar é o principal fator determinante da disfunção diafragmática de indivíduos com DPOC, já que a atividade neural central permanece preservada<sup>25,26,37</sup>.

Um estudo demonstrou que indivíduos com DPOC apresentaram mobilidade diafragmática reduzida quando comparados a indivíduos idosos saudáveis, sendo o aprisionamento aéreo o principal fator limitante da mobilidade diafragmática no grupo DPOC<sup>26</sup>. No mesmo estudo, os menores valores de mobilidade diafragmática foram detectados nos pacientes com moderada e grave obstrução (3,4±0,8 e 3,07±0,75cm, respectivamente) em relação àqueles com obstrução leve (4,42±1,23cm) e houve diferença significativa na mobilidade diafragmática entre os grupos.

Importante destacar que poucos estudos investigaram a relação entre a redução da mobilidade diafragmática e a funcionalidade do paciente com DPOC. Contudo, já foi evidenciado que indivíduos com DPOC e mobilidade reduzida ( $\leq 3,39$ cm) apresentam menor tolerância ao exercício e maior sensação de dispneia após esforço submáximo<sup>25</sup>. Esses achados sinalizam que a disfunção da mobilidade diafragmática pode estar associada com maior sintomatologia e comprometimento da capacidade

submáxima de exercício. Além disso, indivíduos com DPOC com disfunção diafragmática apresentaram maior pontuação no índice de mortalidade BODE (*Body mass index, airway obstruction, dyspnea, and exercise capacity*) indicando maior risco de mortalidade em relação aos indivíduos sem disfunção diafragmática<sup>38</sup>.

A avaliação da mobilidade diafragmática tem se mostrado importante também em outras pneumopatias crônicas visando entender e identificar possíveis disfunções e estabelecer precocemente uma terapêutica adequada e eficiente<sup>27</sup>, como na doença pulmonar intersticial, na qual a mobilidade diafragmática mostrou estar relacionada com a gravidade funcional da doença<sup>39</sup>; na paralisia diafragmática, em que os estudos têm evidenciado melhora da disfunção diafragmática após treinamento muscular inspiratório em cirurgias cardíacas<sup>28</sup>; bem como durante o desmame da ventilação mecânica, no qual essa avaliação demonstrou ser uma ferramenta importante para identificar pacientes com alto risco de falha no desmame<sup>40</sup>. Além disso, a avaliação da mobilidade diafragmática em outras situações clínicas também tem se mostrado interessante, como em cirurgias abdominais, na laparotomia ou videolaparoscopia para colecistectomia<sup>41</sup> e em cirurgias bariátricas<sup>42</sup>, assim como em pacientes com obesidade<sup>43</sup>.

Existem diversos métodos de imagem para a avaliação da mobilidade diafragmática. Entre eles destacam-se a fluoroscopia, que é capaz de avaliar a mobilidade em tempo real, porém a sua forma de medir a mobilidade é complexa, necessitando de cálculos corretivos<sup>44</sup>; a ultrassonografia, que pode avaliar o diafragma de forma direta, uma maneira um pouco mais difícil e nem sempre possível, pois depende do posicionamento do transdutor, e a forma indireta a partir do deslocamento craniocaudal do ramo esquerdo da veia porta, com a desvantagem de avaliar apenas o hemidiafragma direito<sup>16,18</sup>; e, por último, a radiografia de tórax<sup>11,41</sup>, que é um dos métodos mais utilizados na prática clínica, apesar da radiação, por ser um instrumento de fácil aplicação, de baixo custo e que demonstra ser uma medida confiável e reprodutível para avaliação direta da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo intra e interobservadores.

Diante do exposto, observa-se a importância da avaliação da mobilidade diafragmática e sugere-se que não existem diferenças entre a mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo entre indivíduos saudáveis e indivíduos com DPOC, e que o paciente DPOC apresenta menor mobilidade diafragmática quando comparado aos sujeitos saudáveis.

## CONCLUSÃO

Não existem diferenças entre a mobilidade diafragmática das hemicúpulas direita e esquerda em indivíduos saudáveis e em indivíduos com DPOC. O sexo não parece interferir na mobilidade em decúbito dorsal. Pacientes com DPOC apresentam menor mobilidade diafragmática direita e esquerda quando comparados aos indivíduos saudáveis.

## REFERÊNCIAS

1. Nason LK, Walker CM, McNeeley MF, Burivong W, Fligner CL, Godwin JD. Imaging of the Diaphragm: Anatomy and Function. *Radiographics*. 2012;32:51-70. doi: 10.1148/rg.322115127
2. Suwatanapongched T, Gierada DS, Slone RM, Pilgram TK, Tuteur PG. Variation in diaphragm position and shape in adults with normal pulmonary function. *Chest*. 2003;123(6):2019-27. doi: 10.1378/chest.123.6.2019
3. Reid WD, Dechman G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Phys Ther*. 1995;75(11):971-82. doi: 10.1093/ptj/75.11.971
4. George RB, Weill H. Fluorodensimetry: a method for analyzing regional ventilation and diaphragm function. *JAMA*. 1971;217(2):171-6. doi: 10.1001/jama.1971.03190020031006
5. Unal O, Arslan H, Uzum K, Osbay B, Sakaria ME. Evaluation of diaphragmatic movement with MR fluoroscopy in chronic obstructive pulmonary disease. *J Clin Imaging*. 2000;24:347-50. doi: 10.1016/S0899-7071(00)00245-X
6. Kleinman B, Frey K, Vandrunen M, Sheikh T, Dipinto D, Mason R et al. Motion of the diaphragm in patients with chronic obstructive pulmonary disease while spontaneously breathing versus during positive pressure breathing after anesthesia and neuromuscular blockade. *Anesthesiology*. 2002;97:298-305. doi: 10.1097/0000542-200208000-00003
7. He L, Zhang W, Zhang J, Cao L, Gong L, Ma J, et al. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography in combined pulmonary fibrosis and emphysema. *Lung*. 2014;192(4):553-61. doi: 10.1007/s00408-014-9594-5
8. Iwasawa T, Kagei S, Gotoh T, Yoshiike Y, Matsushita K, Kurihara H et al. Magnetic resonance analysis of abnormal diaphragmatic motion in patients with emphysema. *Eur Respir J*. 2002;19(2):225-31. doi: 10.1183/09031936.02.00044602
9. Suga K, Tsukuda T, Awaya H, Takano K, Koike S, Matsunaga N, et al. Impaired respiratory mechanics in pulmonary emphysema: Evaluation with dynamic breathing MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 1999;10(4):510-20. doi: 10.1002/(SICI)1522-2586(199910)10:4<510::AID-JMRI3>3.0.CO;2-G
10. Golçalves TM, Pedrini A, Goes DL, Schivinski CIS, Paulin E. Avaliação da mobilidade diafragmática e toracoabdominal em adolescentes. *Pediatr Moderna*. 2014;50(9):408-13.
11. Saltiel RV, Grams ST, Pedrini A, Paulin E. High reliability of measure of diaphragmatic mobility by radiographic method in healthy individuals. *Braz J Phys Ther*. 2013;17(2):128-36. doi: 10.1590/S1413-35552012005000076
12. Fernandes M, Cukier A, Feltrim MI. Efficacy of diaphragmatic breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis*. 2011;8(4):237-44. doi: 10.1177/1479972311424296

13. Simon G, Bonnell J, Kazantzis G, Waller RE. Some radiological observations on the range of movement of the diaphragm. *Clin Radiol.* 1969;20(2):231-3. doi: 10.1016/S0009-9260(69)80181-9
14. Noh DK, Lee JJ, You JH. Diaphragm breathing movement measurement using ultrasound and radiographic imaging: a concurrent validity. *Biomed Mater Eng.* 2014;24(1):947-52. doi: 10.32323/BME-130889
15. Baria MR, Shahgholi L, Sorenson EJ, Harper CJ, Lim KG, Strommen JA et al. B-mode ultrasound assessment of diaphragm structure and function in patients with COPD. *Chest.* 2014;146(3):680-5. doi: 10.1378/chest.13-2306
16. Grams ST, Saltiel RV, Mayer AF, Schivinski CIS, Nobre LFS, Nobrega IS et al. Assessment of the reproducibility of the indirect ultrasound method of measuring diaphragm mobility. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014;34(1):18-25. doi: 10.1111/cpf.12058
17. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009;135(2): 391-400. doi: 10.1378/chest.08-1541
18. Toledo NS, Kodaira SK, Massarollo PC, Pereira OI, Mies S. Right hemidiaphragmatic mobility: assessment with US measurement of craniocaudal displacement of left branches of portal vein. *Radiology.* 2003;228(2):389-94. doi: 10.1148/radiol.2282011554
19. Gierada DS, Slone RM, Fleishman MJ. Imaging evaluation of the diaphragm. *Chest Surg Clin N Am.* 1998;8(2):237-80.
20. Roberts HC. Imaging the Diaphragm. *Thorac Surg Clin.* 2009;19(4):431-50. doi: 10.1016/j.thorsurg.2009.08.008
21. Billings ME, Aitken ML, Benditt JO. Bilateral diaphragm paralysis: a challenging diagnosis. *Respir Care.* 2008;53(10):1368-71.
22. Pereira MC, Mussi RFM, Massucio RAC, Camino AC, Barbeiro AS, Villalba WO, et al. Paresia diafragmática bilateral idiopática. *J Bras Pneumol.* 2006;32(5):481-5. doi: 10.1590/S1806-37132006000500017
23. Finucane K, Panizza PA, Singh B. Efficiency of the normal human diaphragm with hyperinflation. *J Appl Physiol.* 2005;99:1402-11. doi: 10.1152/jappphysiol.01165.2004
24. Ch'en IY, Armstrong JD. Value of fluoroscopy in patients with suspected bilateral hemidiaphragmatic paralysis. *AJR Am J Roentgenol.* 1993;160(1):29-31. doi: 10.2214/ajr.160.1.8416639
25. Paulin E, Yamaguti WP, Chammas MC, Shibao S, Stelmach R, Cukier A, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Resp Med.* 2007;101(10):2113-8. doi: 10.1016/j.rmed.2007.05.024
26. Yamaguti WP, Paulin E, Shibao S, Chammas MC, Salge JM, Ribeiro M, et al. Air trapping: The major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respirology.* 2008;13:138-44. doi: 10.1111/j.1440-1843.2007.01194.x
27. 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 Physic Med Rehab.* 2012;93(4):571-7. doi: 10.1016/j.apmr.2011.11.026
28. Kodric M, Trevisan R, Torregiani C, Cifaldi R, Longo C, Cantarutti F, Confalonieri M. Inspiratory muscle training for diaphragm dysfunction after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145(3):819-23. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.087
29. Harper CJ, Shahgholi L, Cieslak K, Hellyer NJ, Strommen JA, Boon AJ. Variability in diaphragm motion during normal breathing, assessed with B-mode ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(12):927-31. doi: 10.2519/jospt.2013.4931
30. Iwasawa T, Takahashi H, Ogura T, Asakura A, Gotoh T, Shibata H et al. Influence of the distribution of emphysema on diaphragmatic motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Jpn J Radiol.* 2011;29(4):256-64. doi: 10.1007/s11604-010-0552-8
31. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 2000;894:1-253.
32. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26:319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805
33. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007;33:397-406. doi: 10.1183/09031936.05.00034805
34. Kantarci F, Mihmanli I, Demirel MK, Harmanci K, Akman C, Aydogan F, et al. Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with m-mode sonography. *J Ultrasound Med.* 2004;23(2):255-60. doi: 10.7863/jum.2004.23.2.255
35. Parreira VF, Bueno CJ, França DC, Vieira DSR, Pereira DR, Britto RR. Padrão respiratório e movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis: influência da idade e do sexo. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(5):411-6. doi: 10.1590/S1413-35552010000500010
36. Rocha FR, Brüggemann AKV, Francisco DS, Medeiros CS, Rosal D, Paulin E. Relação da mobilidade diafragmática com função pulmonar, força muscular respiratória, dispnéia e atividade física de vida diária em pacientes com DPOC. *J Bras Pneumol.* 2017;43(1):32-7. doi: 10.1590/S1806-37562016000000097
37. Sinderby C, Spahija J, Beck J, Kaminski D, Yan S, Comtois N et al. Diaphragm activation during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163(7):1637-41. doi: 10.1164/ajrccm.163.7.2007033
38. Yamaguti W, Paulin E, Salge J, Chammas MC, Cukier A, Carvalho CRF. Disfunção diafragmática e mortalidade em pacientes portadores de DPOC. *J Bras Pneumol.* 2009;35(12):1174-81. doi: 10.1590/S1806-37132009001200003
39. Santana PV, Prina E, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Identificação da diminuição da mobilidade diafragmática e do espessamento diafragmático na doença pulmonar intersticial: utilidade da ultrassonografia. *J Bras Pneumol.* 2016;42(2):88-94. doi: 10.1590/S1806-37562015000000266
40. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med.* 2011;39(12):2627-30. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182266408
41. Pedrini A, Saltiel VR, Gonçalves MA, Leal BE, Matte DL, Paulin E. Efeitos da laparotomia ou da videolaparoscopia para colecistectomia sobre a mobilidade diafragmática e toracoabdominal. *Medicina (Ribeirão Preto).* 2016;49:495-503. doi: 10.11606/issn.2176-7262.v49i6p495-503
42. Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos FA, Costa D. Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes, and diaphragmatic excursion. *Clinics (Sao Paulo).* 2011;66(10):1721-7. doi: 10.1590/S1807-59322011001000009
43. Melo LC, Silva MAM, Calles ACN. Obesidade e função pulmonar: uma revisão sistemática. *Einstein.* 2014;12(1):120-5. doi: 10.1590/S1679-45082014RW2691
44. Leal BE, Gonçalves MA, Lisboa LG, Linne LMS, Tavares MGS, Yamaguti WP et al. Validity and reliability of fluoroscopy for digital radiography: a new way to evaluate diaphragmatic mobility. *BMC Pulmonary Med.* 2017;17:1-10. doi: 10.1186/s12890-017-0402-x