



Validade e confiabilidade da avaliação da mobilidade diafragmática pelo método da área radiográfica em sujeitos saudáveis

Aline Pedrini^{1,a}, Márcia Aparecida Gonçalves^{1,b}, Bruna Estima Leal^{1,c},
Michelle Gonçalves de Souza Tavares^{2,d}, Wellington Pereira Yamaguti^{3,e},
David Luiz Góes^{4,f}, Elaine Paulin^{1,g}

1. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC) Brasil.
 2. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC) Brasil.
 3. Hospital Sírio-Libanês, São Paulo (SP) Brasil.
 4. Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC) Brasil.
- a. <http://orcid.org/0000-0002-8700-202X>
b. <http://orcid.org/0000-0002-6518-6227>
c. <http://orcid.org/0000-0001-6064-4199>
d. <http://orcid.org/0000-0002-5390-8739>
e. <http://orcid.org/0000-0003-4943-2085>
f. <http://orcid.org/0000-0002-9811-7172>
g. <http://orcid.org/0000-0001-7306-2817>

Recebido: 6 junho 2016.

Aprovado: 7 dezembro 2017.

Trabalho realizado na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC) Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a validade concorrente, assim como a confiabilidade intra e interobservador, da avaliação da mobilidade diafragmática pelo método da área radiográfica ($MD_{\text{área}}$) em adultos saudáveis. **Métodos:** Foram avaliados os parâmetros antropométricos, a função pulmonar e a mobilidade diafragmática de 43 participantes. A mobilidade diafragmática foi determinada por dois observadores (A e B) em dois momentos distintos. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre o método da $MD_{\text{área}}$ e o método por distância (MD_{dist}). Para avaliar a confiabilidade intra e interobservador, foi utilizado o coeficiente de correlação intraclass (CCI [2,1]), IC95% e a disposição gráfica de Bland & Altman. **Resultados:** Houve uma correlação significativa entre $MD_{\text{área}}$ e MD_{dist} ($r = 0,743$; $p < 0,0001$). Para $MD_{\text{área}}$, a confiabilidade intraobservador foi alta para a avaliação radiográfica do hemidiafragma direito (HDD) — CCI (2,1) = 0,92 (IC95%: 0,86-0,95) para o observador A e CCI (2,1) = 0,90 (IC95%: 0,84-0,94) para o observador B — e do hemidiafragma esquerdo (HDE) — CCI (2,1) = 0,96 (IC95%: 0,93-0,97) para o observador A e CCI (2,1) = 0,91 (IC95%: 0,81-0,95) para o observador B ($p < 0,0001$ para todos). Também para $MD_{\text{área}}$, a confiabilidade interobservador foi alta para a primeira e segunda avaliações do HDD — CCI (2,1) = 0,99 (IC95%: 0,98-0,99) e CCI (2,1) = 0,95 (IC95%: 0,86-0,97), respectivamente — e HDE — CCI (2,1) = 0,94 (IC95%: 0,87-0,97) e CCI (2,1) = 0,94 (IC95%: 0,87-0,97), respectivamente — ($p < 0,0001$ para ambos). A disposição gráfica de Bland & Altman mostrou uma boa concordância entre as medidas de mobilidade de HDD e HDE. **Conclusões:** O método de $MD_{\text{área}}$ demonstrou ser válido e reproduzível para medir a mobilidade diafragmática.

Descritores: Diafragma/fisiologia; Estudos de validação; Reprodutibilidade dos testes; Radiografia.

INTRODUÇÃO

O diafragma é o principal músculo respiratório e é responsável por 70-80% da ventilação.⁽¹⁾ Assim, na prática clínica, a avaliação da sua mobilidade é essencial para avaliar o grau de envolvimento muscular em doenças respiratórias e neuromusculares.⁽²⁾ Quando uma redução no movimento diafragmático é identificada, é possível estabelecer estratégias terapêuticas para aumentar o movimento muscular, bem como monitorar a eficácia de intervenções que visem melhorar a capacidade funcional e a qualidade de vida de pacientes com disfunção diafragmática.

Em vários contextos clínicos, é necessário avaliar a função diafragmática para diagnosticar possíveis disfunções. Tais disfunções podem ocorrer em várias situações, incluindo distrofias musculares, lesão do nervo frênico, cirurgia torácica, cirurgia abdominal e DPOC.⁽³⁻⁶⁾ Quando uma redução na mobilidade diafragmática é identificada e medida com objetividade, é possível estabelecer estratégias terapêuticas para melhorar o

movimento muscular e monitorar essa melhora e a resposta às intervenções com o intuito de melhorar a capacidade funcional e a qualidade de vida de pacientes com mobilidade diafragmática deficiente.⁽⁷⁾

Dentre os vários métodos de imagem usados na avaliação da mobilidade do diafragma, a fluoroscopia é considerada a mais confiável, pois fornece imagens dinâmicas do diafragma e uma visualização direta dos movimentos diafragmáticos em tempo real.⁽⁸⁾ O ultrassom também é considerado uma ferramenta válida e é amplamente utilizado na avaliação da mobilidade diafragmática.⁽⁹⁾ Contudo, a radiografia de tórax é um método não invasivo facilmente aplicado e geralmente mais acessível em clínicas e hospitais. A radiografia torácica permite a avaliação direta dos dois hemidiafragmas, porque fornece imagens estáticas do diafragma.⁽¹⁰⁾

Até o momento, dois métodos diferentes foram descritos como formas de medir a mobilidade diafragmática em radiografias de tórax.^(11,12) Em ambos os métodos, duas imagens radiográficas são obtidas, uma na inspiração

Endereço para correspondência:

Elaine Paulin. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro da Ciência da Saúde e do Esporte (CEFID), Departamento de Fisioterapia, Rua Pascoal Simone, 358, CEP 88080-350, Coqueiros, Florianópolis, SC, Brasil.
Tel.: 55 48 3664-8602. E-mail: elaine.paulin@udesc.br
Apoio financeiro: Nenhum.

máxima e a outra na expiração máxima. Depois, as imagens são sobrepostas e colocadas sobre um negatoscópio. Embora ambos os métodos utilizem as mesmas imagens, as medidas são tomadas diferentemente. Em um desses métodos, como descrito por Toledo et al.,⁽¹¹⁾ identifica-se o ponto mais alto de um hemidiafragma na expiração máxima e uma linha longitudinal é traçada desse ponto até o ponto mais alto do mesmo hemidiafragma na inspiração máxima. A mobilidade de cada hemidiafragma é então determinada usando um paquímetro para medir a distância entre os dois pontos. Daqui em diante, esse processo será referido como avaliação da mobilidade diafragmática pelo método da distância (MD_{dist}). No outro método, como descrito por Fernandes et al.,⁽¹²⁾ após as duas imagens serem sobrepostas sobre um negatoscópio, um papel vegetal é colocado sobre as radiografias. As áreas representadas pelo diafragma em cada uma das duas imagens são desenhadas no papel e transferidas para o software que calcula a área correspondente à mobilidade diafragmática. Daqui em diante, esse processo será referido como avaliação da mobilidade diafragmática pelo método da área ($MD_{área}$). Embora ambos os métodos sejam válidos para avaliar a mobilidade diafragmática, a confiabilidade foi testada apenas para MD_{dist} , como no estudo de Toledo et al.⁽¹¹⁾ e em um estudo anterior realizado por nosso grupo.⁽¹⁰⁾ Naquele estudo, foi avaliada a confiabilidade intra e interobservador do método e foi encontrado um coeficiente de correlação intraclassa (CCI) muito elevado para todas as medidas, mostrando que MD_{dist} é um método confiável para a avaliação do movimento diafragmático. Ao comparar os dois métodos, é importante notar que $MD_{área}$ usa materiais mais simples e mais fáceis de serem encontrados que os usados para MD_{dist} . Apesar das vantagens do método de $MD_{área}$, ainda não há estudos sobre sua validade e confiabilidade. Dada a importância e a necessidade de que todo método ou instrumento de mensuração seja válido e confiável, juntamente com a falta de estudos sobre a validade e a confiabilidade da $MD_{área}$ ⁽¹²⁾ o objetivo da presente investigação foi avaliar a validade concorrente, bem como a confiabilidade intra e interobservador, do método $MD_{área}$ para avaliar a mobilidade diafragmática em adultos saudáveis.

MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina (protocolo nº 74/2011). Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. A amostra do estudo consistiu de 43 adultos saudáveis entre 20 e 59 anos de idade, que foram amostrados conforme a conveniência, porque moravam perto ou na área de captação do hospital onde o teste foi realizado.

Para serem incluídos no estudo, os participantes precisavam ter função pulmonar dentro dos limites normais. Foram excluídos do estudo indivíduos fumantes; mulheres grávidas ou com suspeita

de gravidez; indivíduos com alguma doença cardiopulmonar ou neurológica; com história de câncer; e aqueles que foram incapazes de realizar qualquer um dos procedimentos do estudo (por falta de compreensão ou de cooperação). Também foram excluídos os participantes cujas imagens radiográficas não eram suficientemente visíveis.

O estudo foi realizado em um laboratório de fisioterapia respiratória e no departamento de radiologia de um hospital público. No laboratório, os participantes foram submetidos a um exame físico, no qual eram registradas as medidas antropométricas e realizada a espirometria sempre por um único avaliador.

Após a avaliação inicial, os participantes compareceram ao departamento de radiologia do hospital para a avaliação da mobilidade diafragmática, que foi realizada por um técnico em radiologia com no mínimo um ano de experiência. Os participantes foram submetidos à ventilometria antes e durante o exame radiográfico para garantir que realizassem a manobra respiratória na mesma capacidade vital lenta (CVL) previamente medida. Para $MD_{área}$ e MD_{dist} , a mobilidade do hemidiafragma direito (HDD) e do hemidiafragma esquerdo (HDE) foi determinada por dois observadores (A e B), trabalhando de forma independente, em dois momentos distintos (primeira e segunda avaliações, respectivamente), com uma semana de intervalo. As mesmas imagens foram analisadas na primeira e segunda avaliações. Ambos os observadores desconheciam a identidade dos participantes do estudo e o conteúdo do relatório fornecido pelo outro observador. Um terceiro pesquisador, que desconhecia as análises dos observadores A e B, bem como qual pertencia a quem, fez os traçados e usou um software para fazer uma análise aleatória da área demarcada por cada observador. As imagens radiográficas foram analisadas após a conclusão de todas as avaliações. O HDD foi sempre avaliado primeiro.

Antropometria

Para medir o peso corporal e a estatura, utilizou-se, respectivamente, uma balança previamente calibrada (W200/5; Welmy, São Paulo, Brasil) e um estadiômetro (Welmy). O índice de massa corpórea (IMC) foi calculado a partir dos valores antropométricos obtidos, correspondendo ao peso em quilogramas dividido pelo quadrado da altura em metros (kg/m^2).

Espirometria

As espirometrias foram realizadas com um espirômetro digital portátil (EasyOne; ndd Medical Technologies, Zurique, Suíça), calibrado de acordo com os métodos e critérios recomendados pela *American Thoracic Society*.⁽¹³⁾ Os critérios para função pulmonar normal foram $CVF \geq 80\%$ do previsto, $VEF_1 \geq 80\%$ do previsto e relação $VEF_1/CVF \geq 0,7$.

Ventilometria

Antes e durante o exame radiográfico, as manobras de CVL foram medidas com um ventilômetro Wright

(Mark 8; nSpire Health Inc., Hertford, Inglaterra), com os participantes em posição supina. Três manobras de CVL foram realizadas antes do exame radiográfico, e o valor mais alto foi registrado para ser posteriormente comparado aos obtidos durante o exame. Durante o exame radiográfico, foram realizadas duas manobras de CVL: da CPT para VR (no momento do registro da primeira radiografia); e do VR para CPT (no momento do registro da segunda radiografia). Os valores das manobras de CVL foram registrados, e os dados coletados antes e durante o exame radiográfico foram comparados para determinar se os participantes produziram o mesmo esforço respiratório antes e durante a avaliação da mobilidade diafragmática.

Mobilidade diafragmática

Na MD_{dist} e $MD_{área}$, a mobilidade diafragmática foi avaliada com base em radiografias torácicas em projeção anteroposterior. Para obter as radiografias, um técnico em radiologia experiente e qualificado posicionou cada participante em uma mesa de raios X na posição supina. Os participantes foram instruídos a permanecer na mesma posição sobre a mesa, movimentando apenas o membro superior direito para realizar a manobra de ventilometria. O técnico em radiologia usou uma distância padrão entre o filme e o tubo de raios X (1,15 m) para todos os participantes, aumentando ou diminuindo a quantidade de radiação conforme necessário.

As imagens foram gravadas em dois filmes diferentes, um obtido na inspiração máxima e o outro na expiração máxima. Antes de cada exposição, um filme novo era inserido na bandeja do aparelho de raios X, mantendo o participante imóvel e sempre na mesma posição durante a exposição. Os mesmos pesquisadores acompanharam todos os exames radiográficos até sua finalização, orientando os participantes de forma padronizada sobre a postura a ser mantida durante a exposição, fornecendo orientações verbais e realizando a ventilometria durante a obtenção das imagens. Para garantir a segurança dos pesquisadores durante o exame, os mesmos ficaram atrás de uma parede de concreto com proteção radiológica com mineral de sulfato de bário enquanto orientavam os participantes sobre as manobras respiratórias.

A mobilidade diafragmática foi medida usando os métodos MD_{dist} ⁽¹¹⁾ e $MD_{área}$ ⁽¹²⁾. Para MD_{dist} , após sobrepor as imagens, o observador identificava o ponto mais alto do hemidiafragma (na expiração máxima) e desenhava uma linha longitudinal até o ponto mais baixo do mesmo hemidiafragma (na inspiração máxima). A mobilidade do hemidiafragma, conforme ilustrado na Figura 1, foi então determinada medindo-se a distância entre os dois pontos com um paquímetro.⁽¹⁰⁾ O mesmo procedimento foi seguido para medir a mobilidade do outro hemidiafragma. Para corrigir a ampliação das imagens causada pela divergência dos raios X, a distância (em mm) entre os dois pontos da régua radiográfica radiopaca foi multiplicada por 10 e dividida pela graduação da régua, usando a seguinte fórmula:

$$MC \text{ (mm)} = \frac{MM \text{ (mm)} \times 10 \text{ (mm)}}{GR \text{ (mm)}}$$

onde MC é a mobilidade corrigida, MM é a medida de mobilidade, e GR é a graduação da régua.

A Figura 2 mostra a metodologia para $MD_{área}$. Após as duas imagens serem sobrepostas, um papel vegetal foi colocado sobre as radiografias. Para cada hemidiafragma, foram traçados os contornos das bordas superior, inferior e lateral, bem como a borda cardíaca

Tabela 1. Características antropométricas e variáveis de função pulmonar dos participantes do estudo.^a

Variável	(n = 43)
Idade (anos)	34 ± 10
Peso (kg)	68,77 ± 15,13
Altura (cm)	161,45 ± 36,94
IMC (kg/m ²)	24,20 ± 3,86
CVF	
Medida (l)	5,91 ± 12,23
Estimada (% do previsto)	94,70 ± 9,21
VEF ₁	
Medida (l)	3,36 ± 0,68
Estimada (% do previsto)	93,93 ± 8,06
Relação VEF ₁ /CVF	
Medida	0,83 ± 0,07
Estimada (% do previsto)	100,02 ± 8,15

IMC: índice de massa corporal. ^aValores expressos como média ± dp.

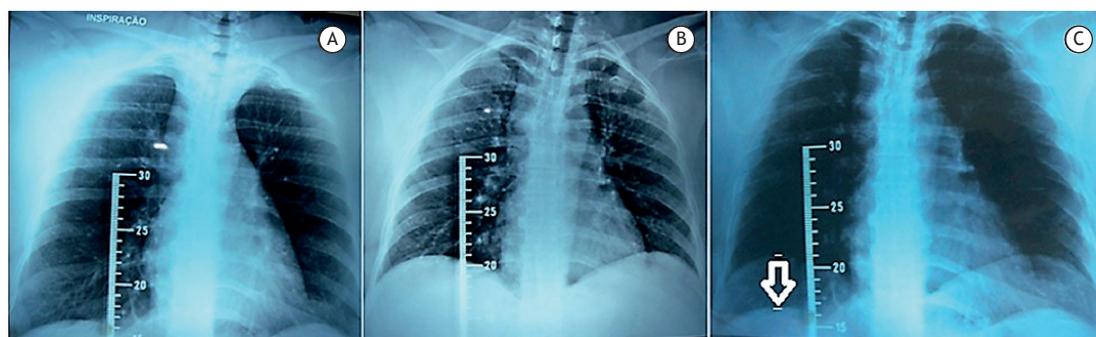


Figura 1. Radiografias de tórax, em incidência anteroposterior, utilizadas para determinar a mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo: A) imagem obtida na inspiração máxima; B) imagem obtida na expiração máxima; C) sobreposição (a imagem obtida na expiração máxima colocada sobre a imagem obtida na inspiração máxima), utilizando como referência a régua radiopaca. Fonte: Saltiel et al.⁽¹⁰⁾

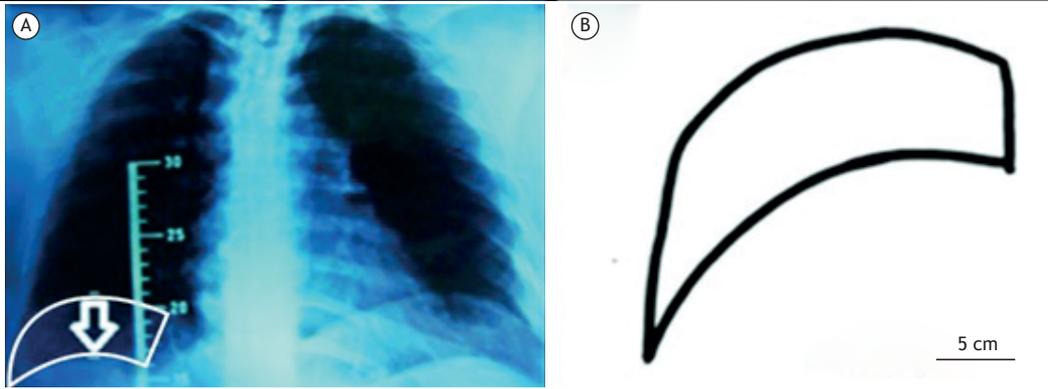


Figura 2. Método de avaliação da mobilidade diafragmática pela área: A) sobreposição das imagens (a imagem obtida na expiração máxima colocada sobre a imagem obtida na inspiração máxima); B) Desenho obtido pelo traçado do hemidiafragma esquerdo na inspiração máxima e na expiração máxima.

direita na área medial. Uma linha de 5 cm foi traçada para calibrar a medição, e o valor final foi expresso em cm^2 . As imagens no papel foram digitalizadas e a área correspondente ao deslocamento do diafragma foi calculada com o ImageTool para Windows, versão 1.28, desenvolvido pelo Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Texas em San Antonio, EUA.⁽¹⁴⁾

Análise estatística

Os dados foram analisados com o SPSS Statistics para Windows, versão 20.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA). Para determinar o tamanho ideal da amostra para este estudo, foi realizada uma análise preliminar, baseada nos critérios estabelecidos por Toledo et al.⁽⁶⁾ — $r = 0,65$; um poder estatístico de 90%; e $p = 0,001$ — que indicou que o tamanho mínimo apropriado da amostra seria de 38 indivíduos. O estudo incluiu 43 indivíduos, sabe-se que o estudo tinha poder suficiente para detectar significância estatística.

Os dados foram verificados quanto à normalidade com o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade da variância foi verificada com o teste de Levene. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para quantificar a força da associação entre $\text{MD}_{\text{área}}$ e MD_{dist} . Testes *t* pareados foram conduzidos para comparar os valores de CVL obtidos antes e durante o exame radiográfico. O teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar a mobilidade do HDD com a do HDE. O nível de significância foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$).

Para as medidas radiográficas, a confiabilidade intra e interobservador, baseada na consistência, foi analisada pela determinação dos valores de CCI 231 de efeitos mistos (CCI [2,1]) e intervalo de confiança (IC) de 95%. O CCI (2,1) foi interpretado de acordo com o sistema de classificação de Carter et al.⁽¹⁵⁾: 0-0,25 indicando “pouca ou nenhuma confiabilidade”; 0,26-0,49 indicando “confiabilidade baixa”; 0,50-0,69 indicando “confiabilidade moderada”; 0,70-0,89 indicando “confiabilidade alta”; e 0,90-1,00 indicando “confiabilidade muito alta”. A disposição gráfica de Bland-Altman⁽¹⁶⁾ também foi realizada para permitir uma melhor visualização da concordância entre as medidas.

RESULTADOS

Foi avaliado um total de 43 participantes, incluindo 25 mulheres e 18 homens. A média de idade foi de 34 ± 10 anos. A Tabela 1 mostra as características antropométricas dos participantes e os valores obtidos para a função pulmonar.

Como pode ser visto na Figura 3, houve uma correlação positiva entre a mobilidade diafragmática determinada pelo método $\text{MD}_{\text{área}}$ e aquela determinada pelo método MD_{dist} ($r = 0,743$; $p < 0,0001$). Não houve diferenças estatisticamente significativas entre a média das manobras de CVL realizadas antes do exame radiográfico e aquelas realizadas durante o exame ($4,36 \pm 0,98$ vs. $4,41 \pm 1,08$; $p = 0,17$).

No método $\text{MD}_{\text{área}}$, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre a mobilidade do HDD e do HDE. Para o observador A, as medidas de $\text{MD}_{\text{área}}$ da mobilidade do HDD e HDE foram $66,12 \pm 17,47 \text{ cm}^2$ e $67,31 \pm 19,30 \text{ cm}^2$, respectivamente, na primeira avaliação ($p = 0,36$), enquanto, na segunda avaliação, essas foram $64,22 \pm 15,58 \text{ cm}^2$ e $66,66 \pm 18,86 \text{ cm}^2$, respectivamente ($p = 0,15$). Para o observador B, as medidas $\text{MD}_{\text{área}}$ da mobilidade do HDD e HDE foram $66,36 \pm 17,44 \text{ cm}^2$ e $67,54 \pm 19,34 \text{ cm}^2$, respectivamente, na primeira avaliação ($p = 0,37$) e, na segunda avaliação, essas foram $66,93 \pm 16,45 \text{ cm}^2$ e $63,88 \pm 17,62 \text{ cm}^2$, respectivamente, ($p = 0,054$).

A análise intraobservador indicou que o observador A apresentou “confiabilidade muito alta” para a avaliação da mobilidade do HDD e HDE — CCI (2,1) = 0,92 (IC95%: 0,86-0,90) e CCI (2,1) = 0,96 (IC95%: 0,93-0,97), respectivamente ($p < 0,001$ para ambos) — assim como o observador B — CCI (2,1) = 0,90 (IC95%: 0,84-0,94) e CCI (2,1) = 0,91 (IC95%: 0,81-0,95), respectivamente ($p < 0,001$ para ambos). A análise interobservador indicou “confiabilidade muito alta” entre a primeira e a segunda avaliação do HDD — CCI (2,1) = 0,99 (IC95%: 0,98-0,99) e CCI (2,1) = 0,95 (IC95%: 0,86-0,97), respectivamente ($p < 0,001$ para ambos) — assim como entre a primeira e a segunda avaliação do HDE — CCI (2,1) = 0,99

(IC95%: 0,98-0,99) e CCI [2,1] = 0,94 (IC95%: 0,87-0,97), respectivamente ($p < 0,001$ para ambos).

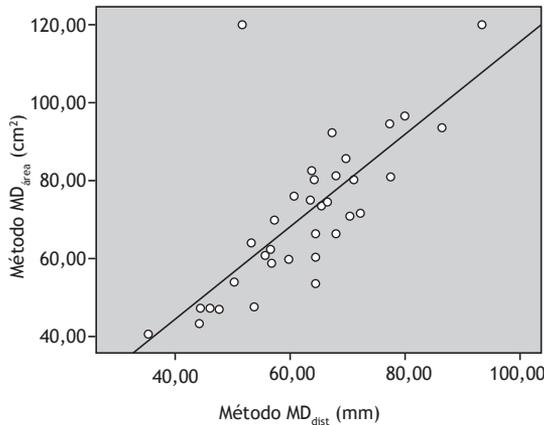


Figura 3. Correlação entre a mobilidade diafragmática avaliada pela área (método $MD_{\text{área}}$) e pela distância (método MD_{dist}).

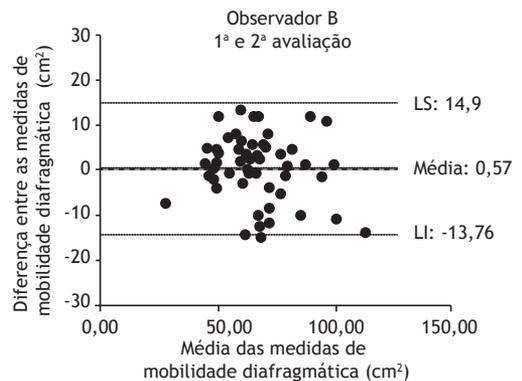
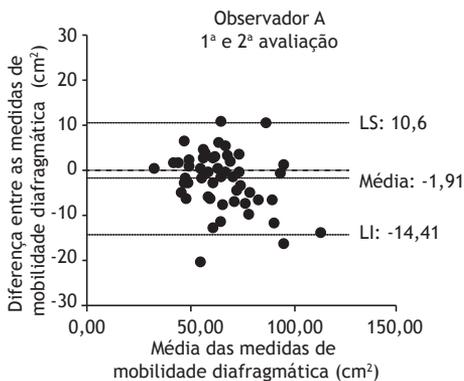
Em relação à concordância intraobservador, a Figura 4 mostra as disposições gráficas de Bland-Altman indicando boa concordância entre as medidas de mobilidade do HDD e HDE obtidas por cada observador, nos dois momentos distintos. Estes são valores clinicamente aceitáveis. Para a concordância interobservador as disposições gráficas de Bland-Altman (Figura 5) indicam boa concordância entre as medidas de mobilidade do HDD e do HDE obtidas pelo observador A na primeira e segunda avaliação radiográfica. As medidas obtidas pelo observador B mostraram boa concordância somente para a mobilidade do HDD.

DISCUSSÃO

No presente estudo, os cálculos da $MD_{\text{área}}$ mostraram ser válidos e confiáveis, representando potencialmente um meio alternativo de avaliar a mobilidade diafragmática. O método da $MD_{\text{área}}$ permite que os dois hemidiafragmas sejam avaliados diretamente, usando imagens radiográficas estáticas do tórax. Esse

CONCORDÂNCIA INTRA-OBSERVADORES

HEMIDIAFRAGMA DIREITO



HEMIDIAFRAGMA ESQUERDO

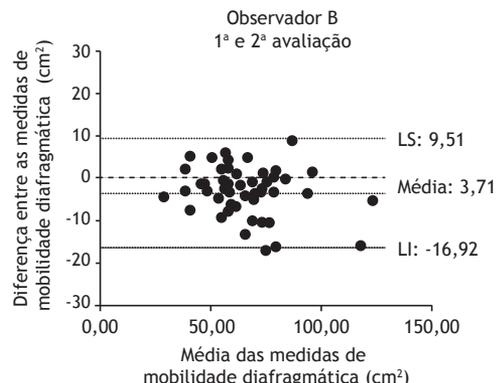
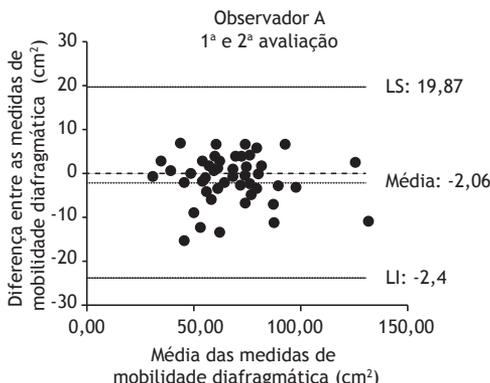
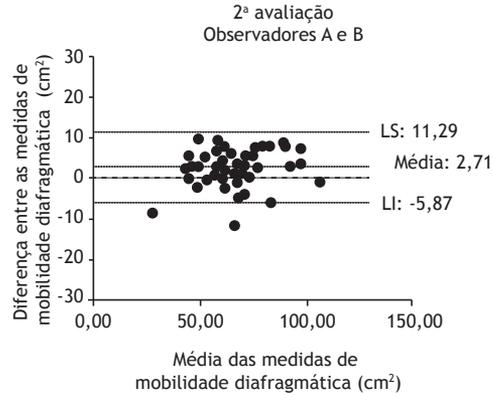
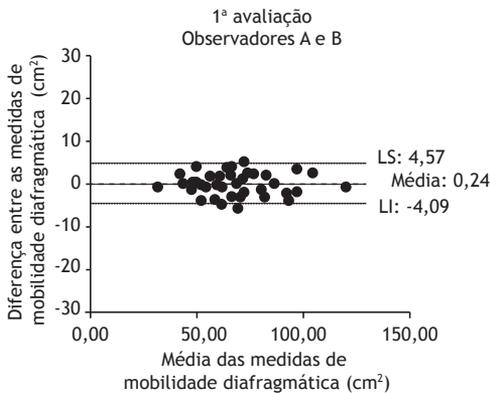


Figura 4. Disposições gráficas de Bland-Altman para a análise da concordância entre as medidas da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo, obtidas pelo observador A e pelo observador B, na 1ª e 2ª avaliações (concordância intraobservador). Os eixos x mostram as médias das medidas de mobilidade diafragmática (a medida obtida na 1ª avaliação mais a medida obtida na 2ª avaliação, divididas por 2). Os eixos y mostram as diferenças entre as medidas de mobilidade diafragmática (a medida obtida na segunda avaliação menos a medida obtida na primeira avaliação). LS: limite superior; e LI: limite inferior.

CONCORDÂNCIA INTEROBSERVADOR

HEMIDIAFRAGMA DIREITO



HEMIDIAFRAGMA ESQUERDO

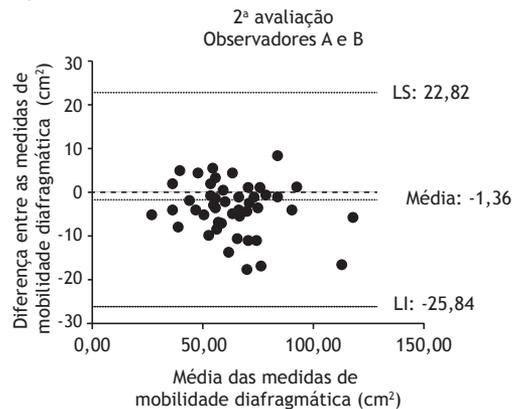
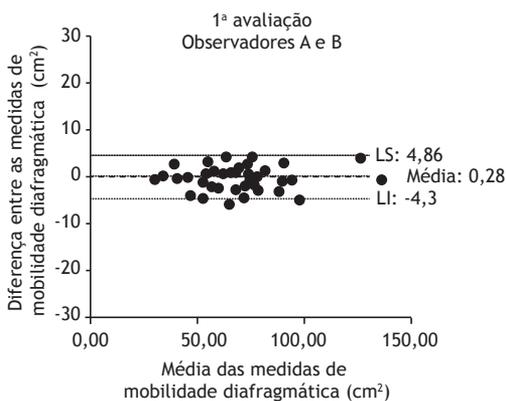


Figura 5. Disposições gráficas de Bland-Altman para a análise da concordância entre as medidas da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo, obtidas pelos observadores A e B (concordância interobservador) na 1ª e 2ª avaliações. Os eixos x mostram as médias das medidas da mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante (a medida obtida pelo observador A mais a medida obtida pelo observador B, divididas por 2). Os eixos y mostram as diferenças entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante (a medida obtida pelo observador B menos a medida obtida pelo observador A). LS: limite superior; e LI: limite inferior.

é um método simples e prontamente disponível em hospitais e clínicas, o que o torna viável e aplicável em pesquisa e na prática clínica.⁽¹⁰⁾

Embora o método de $MD_{\text{área}}$ não tenha sido comparado ao método da fluoroscopia, considerado o método mais confiável, comparações com o método já bem estabelecido da MD_{dist} revelaram sua validade concorrente na avaliação da mobilidade diafragmática.⁽¹⁷⁾ Foi demonstrada uma correlação significativa entre a faixa de valores de mobilidade diafragmática obtidos com o método $MD_{\text{área}}$ e aqueles obtidos com o método MD_{dist} . Também foi demonstrado que a confiabilidade é muito alta (CCI [2,1] > 0,90) para todas as medidas obtidas pelos dois observadores. Uma medida é considerada confiável se o CCI for superior a 0,70.⁽¹⁸⁾ Os resultados apresentados com as disposições gráficas de Bland-Altman sustentam a ideia de que houve uma boa concordância entre as medidas.

Um fator importante quanto à obtenção da alta confiabilidade encontrada em nossa investigação do

método $MD_{\text{área}}$ é que essa se deve, muito provavelmente, ao rigor metodológico adotado por nossos dois avaliadores, uma vez que foram extensivamente treinados no uso do método, ambos seguindo exatamente os mesmos procedimentos. Além disso, o técnico em radiologia tinha ampla experiência na realização de exames radiográficos e padronizou a técnica a ser utilizada, adotando sempre a mesma distância entre o filme e o tubo de raios X ao realizar os exames.

Quanto à concordância interobservador, a disposição gráfica de Bland-Altman mostrou boa concordância entre as medidas de mobilidade do HDD e do HDE obtidas pelo observador A na primeira e segunda avaliações. Na análise do observador B, a concordância foi boa somente para a mobilidade do HDE. O CCI mostrou que a confiabilidade interobservador foi muito alta para a primeira e a segunda avaliação, confirmando a boa confiabilidade geral do método $MD_{\text{área}}$.

No presente estudo, não houve diferenças significativas entre a mobilidade do HDD e do HDE.

Nossos resultados são similares aos relatados em outros estudos.^(19,20) Além disso, nosso próprio grupo de pesquisa avaliou recentemente a mobilidade diafragmática por radiografia de tórax em 42 pacientes internados para colecistectomia e também não encontrou diferenças entre a mobilidade dos dois hemidiafragmas nesses pacientes.⁽¹⁰⁾

Houve uma variabilidade considerável entre os valores mínimo e máximo da mobilidade diafragmática obtidos em nosso estudo (de 40,47 cm² a 119,94 cm²). Outros estudos também relataram alta variabilidade na mobilidade diafragmática, com valores variando de 0 a 97 mm.^(9,19) As possíveis causas dessa variabilidade incluem o tipo de amostra estudada. No presente estudo, avaliamos não apenas indivíduos com peso normal, mas também aqueles que eram obesos ou com sobrepeso, o que pode ter contribuído para a grande variabilidade. Sabe-se que a obesidade dificulta a mecânica respiratória porque uma redução na capacidade residual funcional devido à compressão torácica resulta em um diafragma elevado.⁽²¹⁾ Portanto, é necessário um trabalho mecânico maior para respirar e o diafragma age contra a pressão do abdômen distendido,⁽²²⁾ o que pode limitar sua mobilidade. Contudo, vale a pena

notar que essa variabilidade não afeta a aplicabilidade do método de avaliação.

As principais limitações deste estudo foram a posição adotada pelos participantes para a avaliação da mobilidade diafragmática e a incidência radiográfica utilizada. No estudo conduzido por Fernandes et al.,⁽¹²⁾ os quais empregaram o método inovador MD_{área'}, os participantes foram avaliados em posição ortostática e a incidência foi posteroanterior. Em nosso estudo, optamos pela posição supina e incidência anteroposterior, visto que o método mais consistentemente relatado na literatura (MD_{dist'}) avalia a mobilidade diafragmática nessa posição e incidência. Além disso, mais pacientes são capazes de assumir a posição supina do que a posição ortostática, e o uso da primeira permite avaliar pacientes no período pós-operatório e em cadeira de rodas. Embora não tenha sido o objetivo do estudo, os resultados teriam sido mais robustos se o método apresentado tivesse sido comparado ao método padrão ouro (fluoroscopia).

O método MD_{área} provou ser uma ferramenta válida e confiável para avaliar a extensão da mobilidade do HDD e do HDE quando comparado ao método MD_{dist'} mais bem estabelecido. O método MD_{área} é, portanto, uma alternativa de fácil utilização para avaliar a mobilidade diafragmática.

REFERÊNCIAS

- Reid WD, Dechman G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Phys Ther.* 1995;75(11):971-82. <https://doi.org/10.1093/ptj/75.11.971>
- Yi LC, Nascimento OA, Jardim JR. Reliability of an analysis method for measuring diaphragm excursion by means of direct visualization with videofluoroscopy. *Arch Bronconeumol.* 2011;47(6):310-4. <https://doi.org/10.1016/j.arbr.2010.12.002>
- Maish MS. The diaphragm. *Surg Clin N Am.* 2010; 90(5):955-68. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2010.07.005>
- Houston JG, Morris AD, Howie CA, Reid JL, McMillan N. Technical report: quantitative assessment of diaphragmatic movement—a reproducible method using ultrasound. *Clin Radiol.* 1992;46(6):405-7. [https://doi.org/10.1016/S0009-9260\(05\)80688-9](https://doi.org/10.1016/S0009-9260(05)80688-9)
- Ayoub J, Cohendy R, Prioux J, Ahmaidi S, Bourgeois JM, Dauzat M, et al. Diaphragm movement before and after cholecystectomy: a sonographic study. *Anesth Analg.* 2001;92(3):755-61. <https://doi.org/10.1213/00000539-200103000-00038>
- Paulin E, Yamaguti WP, Chammas MC, Shiao S, Stelmach R, Cukier A, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Respir Med.* 2007;101(10):2113-8. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.05.024>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.026>
- Gierada DS, Slone RM, Fleishman MJ. Imaging evaluation of the diaphragm. *Chest Surg Clin N Am.* 1998;8(2):237-80.
- Grams ST, Von Salthiel R, Mayer AF, Schivinski CI, de S Nobre LF, Nóbrega 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. <https://doi.org/10.1111/cpf.12058>
- Salthiel RV, Grams ST, Pedrini A, Paulin E. High reliability of measure of diaphragmatic mobility by ultrasonographic method in healthy individuals. *Braz J Phys Ther.* 2013;17(2):128-36. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552012005000076>
- 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. <https://doi.org/10.1148/radiol.2282011554>
- Fernandes M, Cukier A, Ambrosino N, Leite JJ, Feltrim ML. Respiratory pattern, thoracoabdominal motion and ventilation in chronic airway obstruction. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2007;67(4):209-16.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- UTHSCSA ImageTool for Windows, Version 1.28. San Antonio (TX) University of Texas Health Science Center at San Antonio, Image Processing and Analysis Program; 1997.
- Carter R, Lubinsky J, Domholdt E, editors. *Rehabilitation Research: Principles and Applications.* 4th ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 2013.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-10. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Maher CG, Latimer J, Costa LO. The relevance of cross-cultural adaptation and clinimetrics for physical therapy instruments. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11(4):245-52. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000400002>
- Freedman D, Pisani R, Purves R. *Statistics.* 4th ed. New York (NY): WW Norton & Company; 2008.
- Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009;135(2):391-400. <https://doi.org/10.1378/chest.08-1541>
- 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. <https://doi.org/10.7863/jum.2004.23.2.255>
- Enzi G, Baggio B, Vianello A. Respiratory disturbances in visceral obesity. *Int J Obesity.* 1990;14(26).
- Zerah F, Harf A, Perlemuter L, Lorino H, Lorino AM, Atlan G. Effects of the obesity on respiratory resistance. *Chest.* 1993;103(5):1470-6. <https://doi.org/10.1378/chest.103.5.1470>