

ROSSANA VON SALTÍEL

**CONFIABILIDADE INTRA E INTEROBSERVADOR DA ANÁLISE DA
MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA PELO MÉTODO RADIOGRÁFICO**

FLORIANÓPOLIS, SC

2011

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO ESPORTE – CEFID
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

ROSSANA VON SALTIEL

**CONFIABILIDADE INTRA E INTEROBSERVADOR DA ANÁLISE DA
MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA PELO MÉTODO RADIOGRÁFICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elaine Paulin

FLORIANÓPOLIS, SC

2011

ROSSANA VON SALTIEL

**CONFIABILIDADE INTRA E INTEROBSERVADOR DA ANÁLISE DA
MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA PELO MÉTODO RADIOGRÁFICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Banca Examinadora:

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Elaine Paulin
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

Prof. Dr. Wellington Pereira dos Santos Yamaguti
Hospital Sírio Libanês – São Paulo

Membro:

Prof.^a Dr.^a Anamaria Fleig Mayer
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

Prof.^a Dr.^a Camila Isabel dos Santos Schivinski
Universidade do Estado de Santa Catarina

Florianópolis, 01 de dezembro de 2011

DEDICATÓRIA

À minha família, minha base, meu tudo, minha razão de viver.

Ao Márcio, meu companheiro incansável de todas as horas, meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu grande mestre, pela oportunidade de viver e aprender durante a vida e por estar comigo em todos os momentos, permitindo-me chegar até aqui, dando-me força e coragem para enfrentar todos os obstáculos.

À minha amada avó, Maria, pelas orações constantes e por ter-me feito acreditar, desde muito cedo, que eu poderia ser “mestre”. À minha amada mãe, Myrna, pelo exemplo dado a mim desde o princípio e por ser a pessoa que é, da qual eu me orgulho tanto e em quem eu sempre tentei me espelhar. Ao meu amado pai, Rudi, por tentar me transmitir, dentre outros valores, a arte da paciência. A vocês três, muitíssimo obrigada pelo amor, carinho, exemplo, dedicação, por terem acreditado em mim desde o princípio e por não medirem esforços para transformar meu sonho em realidade.

Ao meu amor Márcio, por ser a pessoa especial que é, com quem eu pude contar em todas as horas, dispensando a mim todo o amor, carinho, cuidado e atenção. Sem ti, definitivamente, eu não teria conseguido! A vitória é nossa!

Aos meus irmãos, meus companheiros de toda a vida, pelo carinho e apoio que me deram.

Às minhas cunhadas, pela amizade concedida.

Aos meus sobrinhos queridos, por iluminarem a minha vida e de toda a minha família.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Elaine Paulin, exemplo de profissional e de ser humano. Obrigada pela total disponibilidade, atenção, orientação e por ter

confiado em mim desde o início, mesmo sem me conhecer. Obrigada pela grande oportunidade de conviver e aprender contigo e por ter feito de mim uma pessoa melhor.

Às minhas amigas e colegas de mestrado Aline Pedrini e Samantha Torres Grams pela ajuda durante a execução desse trabalho e por contribuírem para a transformação do meu sonho em realidade

Ao Prof. Dr. Marcos Amaral de Noronha, à Prof.^a Dr.^a Anamaria Fleig Mayer, à Prof.^a Dr.^a Camila Isabel dos Santos Schivinski e à Prof.^a Dr.^a Stella Maris Michaelsen, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições ao meu trabalho.

À Enfermeira Adriana de Alcântara Sabino, aos técnicos em radiologia Manoel José da Rosa, Luiz Eduardo Barreto, Edno Rogério dos Santos e demais membros da Enfermaria de Clínica Cirúrgica do Hospital Regional de São José Dr. Homero de Miranda Gomes (HRHMG), pela disponibilidade e ajuda durante a execução deste trabalho.

A todos os voluntários deste estudo, que me auxiliaram nesta caminhada de forma sublime, sendo imprescindíveis nesta conquista. Sem a participação deles este trabalho não teria sido possível.

A todos aqueles que não foram citados, mas que fizeram e fazem parte da minha vida e que, direta ou indiretamente, compartilharam e alimentaram meu ideal, incentivando-me a prosseguir na jornada, fossem quais fossem os obstáculos.

Muito obrigada, do fundo do meu coração!

“Você pode sonhar, criar, desenhar e construir o lugar mais bonito e maravilhoso do mundo, mas é necessário ter pessoas para transformar seu sonho em realidade”...

Walt Disney

RESUMO

Objetivo: Analisar a confiabilidade da medida radiográfica como método de avaliação da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo em indivíduos adultos. **Métodos:** Foram selecionados 42 pacientes que estavam internados para serem submetidos à colecistectomia. Os participantes do estudo foram avaliados segundo os seguintes parâmetros: exame físico para mensuração dos sinais cardiorrespiratórios e das variáveis antropométricas, prova de função pulmonar e avaliação radiográfica da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo. A medida radiográfica da mobilidade crânio-caudal de cada hemidiafragma foi determinada pela distância entre as respectivas hemicúpulas quando em inspiração e expiração máximas por dois fisioterapeutas (observador A e B), de forma independente, em dois momentos distintos (1ª e 2ª avaliação). A reprodutibilidade intra e interobservadores das medidas radiográficas foram determinadas pelo coeficiente de correlação intraclassa ($ICC_{[2,1]}$) e pelo intervalo de confiança (IC) de 95%. A disposição gráfica de Bland & Altman também foi utilizada por permitir melhor visualização da concordância entre as medidas. O nível de significância adotado para o tratamento estatístico foi de 5% ($p < 0,05$). **Resultados:** Na análise da reprodutibilidade intraobservador, o $ICC_{[2,1]}$ indicou “correlação muito alta” para o observador A tanto na avaliação radiográfica do hemidiafragma direito quanto do esquerdo ($ICC_{[2,1]} = 0,99$, $p < 0,001$ e $ICC_{[2,1]} = 0,97$ $p < 0,001$ respectivamente) e também para o observador B ($ICC_{[2,1]} = 0,99$, $p < 0,001$ e $ICC_{[2,1]} = 0,99$ $p < 0,001$ respectivamente). Na análise da reprodutibilidade interobservadores, o $ICC_{[2,1]}$ indicou “correlação muito alta” tanto para a 1ª quanto para a 2ª avaliação radiográfica dos hemidiafragmas direito ($ICC_{[2,1]} = 0,98$ e $ICC_{[2,1]} = 0,99$, respectivamente, $p < 0,001$) e esquerdo ($ICC_{[2,1]} = 0,98$ e $ICC_{[2,1]} = 0,99$, respectivamente, $p < 0,001$). **Conclusão:** Os exames intra e interobservadores da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo, por meio do método radiográfico, apresentaram alta confiabilidade. A técnica é de fácil aplicação e fornece à prática clínica um método confiável para mensurar a mobilidade diafragmática.

Descritores: Diafragma. Radiografia. Reprodutibilidade dos testes.

ABSTRACT

Objective: Radiographic measure reliability analyzed as mobility assessment method of the right and left hemi-diaphragms in adults. **Methods:** It was selected 42 in-patients to be submitted to cholecystectomy. The study participants were assessed according to the following parameters: physical exam for measuring the cardio-respiratory signals and anthropometric variables, pulmonary function tests and mobility radiographic assessment of right and left hemi-diaphragm. The radiographic measure of the cranial-caudal mobility of each hemi-diaphragm was determined by the distance between the respective hemi-domes, when the maximum breath in and breath out were taken by two physiotherapist (observer A and B) in an independent way in two distinct intervals (1st and 2nd assessment). The reproducibility intra and inter-observers of the radiographic measure were determined by the intra-class correlation coefficient (ICC[2,1]) by the reliability interval (IC) of 95%. The graphic disposition of Bland & Altman was also used by allowing better concordance visualization between the measures. The significance level adopted for the statistic treatment was 5% ($p < 0.05$). **Results:** In the analyses of intra-observer reproducibility, the ICC[2.1] indicated “very high correlation” for the observer A as for radiographic assessment of the right hemi-diaphragm as for the left (ICC[2.1] = 0.99, $p < 0.001$ and ICC[2.1]=0.97 $p < 0.001$, respectively) and also for observer B (ICC[2.1]=0.99, $p < 0.001$ and ICC[2.1] = 0.99 $p < 0.001$, respectively). In the analyses of inter-observer reproducibility, the ICC[2.1] indicated “very high correlation” as for the 1st as for the 2nd radiographic assessment for the right hemi-diaphragms (ICC[2.1] = 0.98 and ICC[2.1] = 0.99, respectively, $p < 0.001$) and left (ICC[2.1] = 0.98 and ICC[2,1] = 0.99, respectively, $p < 0.001$). **Conclusion:** The mobility intra and inter-observer exams of the right and left hemi-diaphragm, through the radiographic method presented high reliability. The technique is of easy application and supplies the practical clinic a reliable method for measuring the diaphragm mobility.

Describers: Diaphragm. Radiographic. Reproducibility of the tests.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Radiografias torácicas em incidência ântero-posterior da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo **30**
- Figura 2** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador A do hemidiafragma direito **36**
- Figura 3** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador B do hemidiafragma direito **37**
- Figura 4** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre os observadores A e B, na 1ª avaliação radiográfica do hemidiafragma direito **38**
- Figura 5** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre os observadores A e B, na 2ª avaliação radiográfica do hemidiafragma direito **39**
- Figura 6** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador A do hemidiafragma esquerdo **40**
- Figura 7** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador B do hemidiafragma esquerdo **41**
- Figura 8** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre os observadores A e B, na 1ª avaliação radiográfica do hemidiafragma esquerdo **42**
- Figura 9** - Representação gráfica da correlação intraclasse entre os observadores A e B, na 2ª avaliação radiográfica do hemidiafragma esquerdo **43**
- Figura 10** - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelo observador A, na 1ª e na 2ª avaliação **44**
- Figura 11** - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelo observador B, na 1ª e na 2ª avaliação **45**

Figura 12 - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelos observadores A e B – 1ª avaliação	46
Figura 13 - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelos observadores A e B – 2ª avaliação	47
Figura 14 - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelo observador A, na 1ª e na 2ª avaliação	48
Figura 15 - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelo observador B, na 1ª e na 2ª avaliação	49
Figura 16 - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelos observadores A e B – 1ª avaliação	50
Figura 17 - Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelos observadores A e B – 2ª avaliação	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características antropométricas e variáveis de função pulmonar dos participantes do estudo	33
Tabela 2 -	Valores da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo dos participantes	34
Tabela 3 -	A reprodutibilidade intra e interobservadores das medidas radiográficas dos hemidiafragmas direito e esquerdo	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 MÚSCULO DIAFRAGMA.....	17
2.1.1 Anatomia e função.....	17
2.1.2 Mecânica pulmonar.....	18
2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA.....	20
2.2.1 Fundamentos da técnica radiográfica.....	22
2.2.2 Técnica radiográfica e mobilidade do diafragma.....	23
3 MÉTODOS.....	25
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	25
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	25
3.3 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA.....	26
3.3.1 Avaliação dos sinais cardiorrespiratórios e antropometria.....	26
3.3.2. Avaliação da dor.....	27
3.3.3 Prova de função pulmonar.....	27
3.3.4 Avaliação radiográfica da mobilidade diafragmática.....	28
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
4 RESULTADOS.....	32
5 DISCUSSÃO.....	52
6 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59
ANEXO:.....	63

1 INTRODUÇÃO

A avaliação funcional do músculo diafragma é fundamental na prática clínica e a sua mobilidade no complexo toracoabdominal é responsável por grande parcela da ventilação pulmonar (REID & DECHMAN, 1995; ANRAKU & SHARGALL, 2009, YAMAGUTI, 2011). Contudo, a avaliação direta do músculo diafragma é praticamente inacessível pois, diferente dos outros músculos esqueléticos, o diafragma apresenta uma forma complexa e uma localização anatômica que dificulta a mensuração da sua capacidade de gerar força e movimento (MCCOOL *et al.*, 1995).

Alguns métodos por imagem podem ser utilizados para avaliar a mobilidade do diafragma como, por exemplo, fluoroscopia, ultrassonografia, tomografia axial computadorizada, ressonância nuclear magnética e radiografia de tórax (HOUSTON *et al.*, 1995; GIERADA *et al.*, 1998; TOLEDO *et al.*, 2003; BOUSSUGES *et al.*, 2009; ROBERTS, 2009). Dentre esses métodos, a radiografia de tórax é um recurso facilmente encontrado nas clínicas e hospitais, possibilita a avaliação das duas hemicúpulas diafragmáticas, é de fácil aplicação e apresenta baixo custo. Vários estudos já foram realizados visando avaliar a mobilidade do diafragma por meio do método radiográfico (SIMON *et al.*, 1969; BRAUN *et al.* 1982; WALSH *et al.*, 1992; SINGH *et al.*, 2001; TOLEDO *et al.*, 2003; FERNANDES, 2004), contudo não há

padronização na realização do exame e faltam pesquisas para verificar a confiabilidade do método.

Um instrumento confiável é capaz de avaliar, em momentos diferentes, a mesma medida, envolvendo ou não o mesmo avaliador, garantindo, dessa forma, a fidedignidade dos resultados obtidos. Portanto, estudos de confiabilidade são extremamente necessários para detectar mudanças no que está sendo mensurado e garantir que haja redução do erro envolvido na mensuração.

Apesar da importância da avaliação da confiabilidade dos instrumentos de medida, não há estudos que verificaram a reprodutibilidade intra e interobservadores do método radiográfico com o objetivo de avaliar a mobilidade diafragmática.

1.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a confiabilidade da análise da medida radiográfica como método de avaliação da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo em indivíduos adultos.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Verificar a reprodutibilidade intra e interobservadores da análise da medida radiográfica da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo em indivíduos adultos;
- Comparar a mobilidade diafragmática esquerda com a direita;

- Verificar a influência do índice de massa corporal (IMC) na mobilidade do diafragma.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MÚSCULO DIAFRAGMA

2.1.1 Anatomia e função

O diafragma, músculo ímpar, assimétrico, composto por duas cúpulas, forma o assoalho basal curvilíneo da cavidade torácica, separando-a da cavidade peritoneal. É uma estrutura complexa, musculofibrosa e em formato de cúpula, constituído por um tendão central, denominado centro frênico ou tendíneo, e três porções musculares: a porção crural ou lombar, a porção costal e a porção esternal (ANRAKU e SHARGALL, 2009; MAISH, 2010). O centro frênico, com 55% de fibras musculares oxidativas aeróbicas do tipo I, altamente resistentes à fadiga, apresenta na sua microvasculatura um grande número de vasos sanguíneos, principalmente as artérias frênicas direita e esquerda, que são as principais responsáveis pelo amplo suprimento de gases e nutrientes ao músculo. Considerando que a distribuição dos vasos sanguíneos é longitudinal, não há interrupção do fluxo sanguíneo durante a contração do diafragma, ao contrário do que geralmente ocorre com os outros músculos (FITTING & GRASSINO, 1987; GIBSON, 1989; ENGLE *et al.*, 1999).

A inervação é realizada essencialmente pelos nervos frênicos direito e esquerdo, os quais garantem tanto a função motora quanto à sensibilidade proprioceptiva do músculo. Suas raízes nervosas provêm da terceira, quarta e quinta vértebra cervical, sendo compostos por 70% de fibras motoras e 30% de fibras sensitivas (MAISH, 2010).

A face inferior do diafragma é revestida pelo peritônio parietal e tem contato com as vísceras abdominais e a face superior é revestida pela pleura parietal e fica em contato com a base dos pulmões, com exceção de uma faixa circunferencial, situada na porção inferior do músculo, denominada de zona de aposição (GIERARDA *et al.*, 1998).

Além de ser responsável pela respiração, principal função, o diafragma também separa a cavidade torácica da abdominal e permite que o fígado e o baço sejam protegidos pelas costelas inferiores e pela caixa torácica (ANRAKU & SHARGALL, 2009; ROBERTS, 2009).

2.1.2 Mecânica pulmonar

O diafragma é o motor primário da ventilação e a sua mobilidade no complexo toracoabdominal é responsável por grande parcela da ventilação pulmonar (REID & DECHMAN, 1995; ANRAKU & SHARGALL, 2009; YAMAGUTI, 2011). A excursão crânio-caudal do músculo diafragma determina alterações morfológicas e funcionais na cavidade torácica e abdominal que culminam com a entrada de ar nos pulmões (REID & DECHMAN, 1995).

Durante a respiração basal em indivíduos saudáveis e/ou assintomáticos, o diafragma é o principal músculo inspiratório e responsável por 70 a 80% da ventilação (REID & DECHMAN, 1995; POLLE *et al.*, 1997). As fibras diafragmáticas podem encurtar, em condições fisiológicas, mais do que qualquer outro músculo esquelético. As grandes mudanças no comprimento das fibras combinadas com as mudanças que ocorrem com a insuflação do pulmão sugerem que as propriedades de comprimento-tensão do diafragma possa ser o fator mais importante para a função de geração de pressão da musculatura respiratória (GAUTHIER *et al.*, 1994).

Durante a descida da cúpula diafragmática ocorre a contração de outros músculos inspiratórios, como intercostais e escalenos, o que aumenta os diâmetros ântero-posterior e lateral do tórax. A região abdominal auxilia na descida da cúpula e no aumento dos diâmetros da caixa torácica (REID & DECHMAN, 1995). O movimento do diafragma durante a inspiração não é, simplesmente, uma função da ação do próprio músculo, mas também da caixa torácica e da atividade muscular abdominal. A contribuição do músculo para a inspiração não depende apenas da sua capacidade de desenvolver tensão, mas também da capacidade de reduzir e deslocar volume. Em indivíduos saudáveis, o diafragma encurta aproximadamente um terço durante a capacidade inspiratória máxima (GAUTHIER *et al.*, 1994; SINGH *et al.*, 1999). A expiração é passiva, ocasionada pelo recolhimento elástico dos pulmões e da parede torácica e é o momento em que a cúpula retorna à posição original (REID & DECHMAN, 1995).

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA

A mobilidade do diafragma pode ser avaliada utilizando-se os seguintes métodos: fluoroscopia, ultrassonografia, tomografia axial computadorizada, ressonância nuclear magnética e radiografia de tórax (HOUSTON *et al.*, 1995; GIERADA *et al.*, 1998; TOLEDO *et al.*, 2003; BOUSSUGES *et al.*, 2009; ROBERTS, 2009).

A fluoroscopia é considerada o padrão ouro para avaliar a mobilidade diafragmática (FLOWER, 1986; GIERADA *et al.*, 1998). Apesar de ser um método relativamente simples, que permite a observação dos dois hemidiafragmas ao mesmo tempo, essa técnica apresenta algumas desvantagens: exposição do paciente à radiação ionizante, visualização do diafragma através de uma única incidência e necessidade de cálculos corretivos (GIERADA *et al.*, 1998). Além disso, esse equipamento possui um elevado custo e não é facilmente encontrado na prática clínica.

A tomografia computadorizada e a ressonância nuclear magnética permitem o estudo anatômico detalhado de várias porções do diafragma, porém, a menor velocidade de aquisição da imagem pode prejudicar o estudo do movimento (GIERADA *et al.*, 1998; ROBERTS, 2009). Além disso, o porte e o custo dos equipamentos são fatores que prejudicam a praticidade e disponibilidade dos métodos.

A avaliação ultrassonográfica é um método portátil que permite quantificar direta e indiretamente o movimento diafragmático e evita o risco de exposição à radiação ionizante. A visualização direta da cúpula diafragmática pode ser obtida

posicionando o transdutor na linha média axilar entre os espaços intercostais, porém, a visualização do músculo torna-se difícil na inspiração profunda (GIBSON, 1989; WAIT *et al.*, 1989; HOUSTON *et al.*, 1995; TOLEDO *et al.*, 2003; TOLEDO, 2005). Contudo, para superar o problema da dificuldade de visualização diafragmática de forma direta, Toledo *et al.* (2003) validaram a avaliação da mobilidade do hemidiafragma direito de forma indireta a partir do deslocamento crânio-caudal do ramo esquerdo da veia porta que já foi utilizada em várias pesquisas (PAULIN *et al.*, 2007; YAMAGUTI *et al.*, 2008; YAMAGUTI *et al.*, 2009; YAMAGUTI *et al.*, 2010; KAGN *et al.*, 2011; GRAMS, 2011). Em relação à avaliação indireta do hemidiafragma esquerdo, Toledo (2005) correlacionou o movimento do deslocamento do hilo e pólo inferior esplênico com a fluoroscopia e constatou que o mesmo não corresponde à mobilidade do hemidiafragma esquerdo.

A avaliação direta da mobilidade diafragmática utilizando a radiografia de tórax, apesar de apresentar algumas desvantagens como a exposição do paciente à radiação ionizante e a ampliação da imagem devido à divergência dos raios X, exigindo a realização de cálculos corretivos, apresenta as vantagens de ser um método não invasivo, de baixo custo, de fácil aplicação, facilmente compreendido pelo participante e que avalia as duas hemicúpulas diafragmáticas. Dessa forma, este é mais um recurso que pode ser utilizado tanto na pesquisa quanto na rotina de atendimento, com o objetivo de identificar se há ou não disfunção do hemidiafragma direito e/ou esquerdo.

2.2.1 Fundamentos da técnica radiográfica

O raio X, cujos princípios físicos foram descobertos por Wilhelm Conrad Roentgen em 1895, é produzido ao se liberar energia no choque de elétrons de alta energia cinética contra uma placa de metal. Para tais efeitos utiliza-se um tubo de raio X que consiste num tubo de vidro à vácuo com dois eletrodos de tungstênio (diodo), um ânodo (pólo positivo) e um cátodo (pólo negativo) (FRIEDMAN & FRIEDLAND, 2000).

O cátodo consiste num filamento de tungstênio muito fino que esquenta com a passagem de corrente elétrica de alta voltagem. Com isto os elétrons do tungstênio adquirem suficiente energia térmica para abandonar o cátodo (emissão termoiônica). Devido à alta voltagem, cria-se também uma diferença de potencial entre os eletrodos, o que faz com que os elétrons emitidos pelo filamento de tungstênio sejam acelerados em direção ao ânodo (pólo positivo) (PAUL & JUHL, 1996).

A energia cinética dos elétrons depende da voltagem entre os eletrodos: quanto mais alta a voltagem, maior a energia cinética. O ânodo está revestido por tungstênio e funciona como alvo para os elétrons. No choque dos elétrons com o alvo de tungstênio, a maioria da energia cinética destes é transformada em calor, mas uma pequena parte produz raios X. A imagem de radiografia convencional depende dos fótons resultantes da interação com o objeto que dependem por sua vez da espessura do objeto e da capacidade deste de absorver raios X (FRIEDMAN & FRIEDLAND, 2000).

A detecção dos raios X é feita através de um filme semelhante ao filme fotográfico. Este filme é composto de sais de prata que, quando sensibilizado por um

fóton de raio X ou pela luz visível, o cátion de prata (íon positivo) acaba sendo neutralizado, vira metal e escurece. Por outro lado, o sal de prata que não foi sensibilizado pelo raio X ou pela luz fica transparente. Os filmes normalmente são compostos de camadas de plástico (poliéster) protegidas da luz. O uso de camadas de prata recobrando as duas superfícies do plástico aumenta a sensibilidade do filme aos raios X (CURRY *et al.*, 1990).

2.2.2 Técnica radiográfica e mobilidade do diafragma

Alguns pesquisadores (SIMON *et al.*, 1969; BRAUN *et al.*, 1982; WALSH *et al.*, 1992; SINGH *et al.*, 2001; TOLEDO *et al.*, 2003; FERNANDES, 2004) têm utilizado a técnica radiográfica para avaliar a mobilidade do diafragma, mas a maneira de obtenção da medida é diferente de um estudo para o outro. Simon *et al.* (1969) realizaram radiografia de tórax em incidência pósterio-anterior traçando uma linha vertical unindo as cúpulas. Walsh *et al.* (1992) fizeram avaliação radiográfica com incidência antêro-posterior e lateral na posição ortostática. Singh *et al.* (2001) utilizaram radiografias torácicas em incidência pósterio-anterior e lateral. Toledo *et al.* (2003) descreveram, de forma detalhada, uma maneira simples e prática de mensuração da mobilidade diafragmática. Os pacientes eram posicionados na mesa de radioscopia em decúbito dorsal e a mobilidade do hemidiafragma direito era calculada utilizando-se uma régua radiográfica e um paquímetro. Fernandes (2004) avaliou a mobilidade diafragmática e hiperinsuflação torácica por meio de radiografias de tórax em incidência pósterio-anterior e perfil, com paciente em posição ortostática. A área foi calculada mediante a aquisição da imagem formada

pela excursão da hemicúpula direita em inspiração e expiração totais e cúpulas diafragmáticas, em um sistema computadorizado.

3 MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Caracterizou-se como um estudo observacional e transversal, de reprodutibilidade de teste, que pretendeu avaliar o grau de concordância entre as medidas de mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo pelo método radiográfico. Os exames radiográficos foram selecionados randomicamente e foram avaliados por dois observadores diferentes e cegos. A avaliação foi repetida pelos mesmos observadores, uma semana após a primeira avaliação, sob condições similares.

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Foram selecionados 42 pacientes internados na Enfermaria de Clínica Cirúrgica do Hospital Regional de São José Dr. Homero de Miranda Gomes (HRHMG), da cidade de São José, Santa Catarina, no período de setembro de 2010 a agosto de 2011. Eles estavam internados para realização da cirurgia de colecistectomia e faziam uso de analgesia.

Foram considerados como critérios de inclusão dos participantes: prova de função pulmonar normal, média de idade entre 18 e 70 anos, não portadores de déficit cognitivo ou doença neurológica. Foram excluídos do estudo os pacientes que apresentavam radiografia torácica com pouca visualização das hemicúpulas diafragmáticas, que não apresentavam diferença entre o momento inspiratório e expiratório e/ou que apresentassem radiografias com anormalidades. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HRHMG, sob protocolo nº 027/11, e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3.3 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Na Enfermaria de Clínica Cirúrgica do HRHMG, os participantes foram submetidos a exame físico para mensuração dos sinais cardiorrespiratórios e das variáveis antropométricas, avaliação da sensação de dor e realizaram a prova de função pulmonar. Todos esses testes foram conduzidos por um único avaliador. Para realização das radiografias de tórax, os pacientes foram encaminhados ao Setor de Radiologia do mesmo hospital.

3.3.1 Avaliação dos sinais cardiorrespiratórios e antropometria

A saturação de oxigênio (SpO_2) e a frequência cardíaca (FC) ao repouso foram mensuradas por um oxímetro de pulso (modelo *MD300*, marca *Linde*). A frequência respiratória (f) foi avaliada observando-se o movimento do tórax durante a respiração basal em um minuto.

Para aferição da massa corporal, foi utilizada uma balança antropométrica mecânica, com estadiômetro acoplado (modelo 31, marca *Filizola*). O participante foi instruído a usar roupas leves, retirar o calçado ao subir na balança e permanecer ereto, com a cabeça para frente. Para mensuração da estatura foi usado o estadiômetro acoplado à balança, sendo que o participante estava também sem calçados, com calcanhares unidos e o mais ereto possível. Obtidos os valores antropométricos (massa corporal e estatura), foi calculado o índice de massa corporal (IMC) pela seguinte equação: $\text{massa corporal/estatura}^2$ (kg/m²).

3.3.2 Avaliação da dor

A Intensidade da dor foi aferida através da Escala Visual Analógica – EVA. Essa escala utiliza-se de figuras de faces e uma numeração de zero a dez para representar a dor. O paciente era questionado se possuía dor e como a classificava quanto ao seu grau, sendo que a face alegre juntamente com o número zero, significa ausência de dor, e a face bem triste e o número dez representa a dor insuportável (CARVALHO e KOWACS, 2006).

3.3.3 Prova de função pulmonar

A prova de função pulmonar foi realizada com a utilização de um espirômetro digital portátil (modelo *EasyOne TM Diagnostic Spirometer*, companhia *ndd Medical Technologies*), previamente calibrado de acordo com os métodos e critérios recomendados pela American Thoracic Society (MILLER, 2005). Foi avaliada a

capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) e a razão VEF_1/CVF . Durante a prova, foram realizadas, no mínimo, três manobras aceitáveis e duas reprodutíveis, ou seja, os dois maiores valores de CVF e VEF_1 deveriam apresentar diferença inferior a 0,15L. Foram considerados os maiores valores obtidos para cada uma das variáveis espirométricas, que foram expressos em valores absolutos e em valores percentuais dos previstos de normalidade, segundo os determinados por Pereira *et al.* (2007). Os critérios de prova pulmonar normal consistiram de CVF e $VEF_1 \geq 80\%$ do predito e $VEF_1/CVF \geq 0,7$.

3.3.4 Avaliação radiográfica da mobilidade diafragmática

A mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo foi avaliada por meio de radiografias de tórax em incidência ântero-posterior. Para realização das mesmas, os pacientes foram encaminhados ao Setor de Radiologia do HRHMG e posicionados na mesa de radioscopia em decúbito dorsal. Durante os exames, foi colocada uma régua de graduação radiopaca sob o hemitórax direito dos pacientes, na direção longitudinal e no sentido crânio-caudal, próximo à transição toracoabdominal. As exposições radiográficas foram obtidas durante uma inspiração e expiração máximas por um técnico de radiologia experiente e devidamente habilitado para realizar tal exame. Os pacientes foram orientados previamente pela fisioterapeuta responsável pelo projeto a realizar e sustentar os esforços respiratórios máximos durante os exames. A fisioterapeuta acompanhou a realização de todas as radiografias. Com o objetivo de minimizar possíveis problemas

metodológicos, padronizou-se a técnica radiográfica, a postura adotada pelo indivíduo durante a exposição, bem como o estímulo verbal realizado pelo técnico em radiologia, visando uma excursão diafragmática máxima tanto na fase inspiratória quanto na expiratória.

A quantificação da medida radiográfica da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo foi determinada por dois fisioterapeutas (observador A e B), de forma independente, em dois momentos distintos (1^a e 2^a avaliação), com intervalo de uma semana. Tanto na 1^a quanto na 2^a avaliação foram analisadas as mesmas radiografias. Um terceiro fisioterapeuta sorteou a sequência de apresentação dos exames radiográficos para avaliação dos observadores e anotou os resultados obtidos. Desta forma, os avaliadores A e B não identificaram de quem eram as radiografias e não tiveram acesso aos valores da avaliação um do outro. Os resultados foram analisados após o término de todas as avaliações.

Para determinação das medidas radiográficas, os observadores A e B utilizaram o método descrito por Toledo *et al.* (2003) no qual as imagens radiográficas em inspiração e expiração máximas de cada paciente foram cuidadosamente sobrepostas para mensuração da mobilidade diafragmática. Na radiografia em expiração máxima, os observadores identificaram o ponto mais alto da cúpula do hemidiafragma direito e, por este ponto, traçaram uma linha longitudinal. A intersecção desta linha com a cúpula hemidiafragmática foi utilizada para definição do ponto de medida na inspiração máxima. A mobilidade do hemidiafragma direito foi, então, determinada pela distância entre os pontos em expiração e inspiração máximas por meio da utilização de um paquímetro digital

Marca Messen 150mm/6 (Figura 1). O mesmo procedimento foi utilizado para avaliação da mobilidade do hemidiafragma esquerdo.

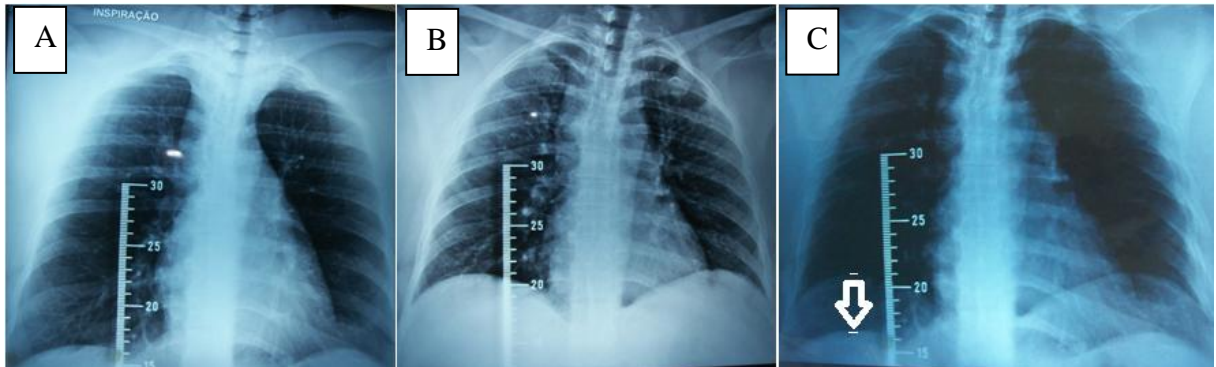


Figura 1: Radiografias torácicas em incidência ântero-posterior da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo. A) Radiografia em inspiração máxima; B) Radiografia em expiração máxima; C) Superposição das imagens (radiografia em expiração sobre a radiografia em inspiração), utilizando como referência a imagem da régua radiográfica.

Utilizou-se a régua radiográfica para que pudesse ser realizada a correção da ampliação determinada pela divergência dos raios X e também como referência para a sobreposição das imagens. Para correção da ampliação das imagens causadas pela divergência dos raios X, os observadores mediram a distância entre dois pontos de graduação da imagem da régua radiográfica correspondentes a 10mm. O valor corrigido da mobilidade do hemidiafragma foi obtido, portanto, por meio da seguinte fórmula: mobilidade corrigida (mm) = mobilidade medida (mm) x 10 (mm) / medida da graduação da régua (mm) (TOLEDO *et al.*, 2003).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados com o Programa SPSS para Windows, versão 17.0, e tratados com análise descritiva (média e desvio-padrão) e inferencial. O teste de Shapiro-Wilk foi usado para verificação da normalidade dos dados.

A reprodutibilidade intra e interobservadores das medidas radiográficas da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo foi determinada pelo coeficiente de correlação intraclassa de duas vias com concordância absoluta ($ICC_{[2,1]} - two\ way\ random\ model, with\ absolute\ agreement$) e pelo intervalo de confiança (IC) de 95%.

O coeficiente de correlação intraclassa foi interpretado conforme o sistema de classificação de Munro (1997): “pouca ou nenhuma correlação” para valores entre 0-0,25, “baixa correlação” para valores entre 0,26-0,49, “moderada correlação” para valores entre 0,50-0,69, “alta correlação” para valores entre 0,70-0,89 e “correlação muito alta” para valores entre 0,90-1,00.

A disposição gráfica de Bland & Altman (1986) também foi utilizada para análise da reprodutibilidade intra e interobservadores, por permitir melhor visualização da concordância entre as medidas individuais.

Devido à distribuição não-paramétrica dos dados, o Teste de Wilcoxon foi utilizado para verificar a existência de diferenças entre as mobilidades dos hemidiafragmas direito e esquerdo. O nível de significância adotado para o tratamento estatístico foi de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

Inicialmente, 52 participantes foram alocados para o estudo, contudo, dez foram excluídos da pesquisa porque não apresentaram radiografia de boa qualidade. Dos 42 participantes selecionados, 27 eram do sexo feminino (64,3%) e 15 do sexo masculino (35,7%), com média de idade de $39,7 \pm 13,7$ anos e média de IMC de $29,4 \pm 37,6$, sendo classificados como pré-obesos.

Todos os participantes faziam uso de analgésicos e referiram dor 0 na Escala Visual Analógica.

As características antropométricas e os valores obtidos na função pulmonar dos participantes estão apresentados na tabela 1.

Os participantes do estudo apresentaram os sinais vitais dentro da normalidade. A média da FC foi de $78,3 \text{ bpm} \pm 15,8$, da f foi de $16,7 \text{ rpm} \pm 4,3$ e da SpO_2 foi de $98,2 \pm 0,7$.

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

Variáveis	Grupo de participantes (n = 42)
Idade (anos)	39,7 ± 13,5 (21 - 68)
Massa corporal (kg)	75,3 ± 19,4 (44,0 – 141,0)
Estatura (m)	1,62 ± 0,09 (1,49 - 1,82)
IMC (kg/m²)	29,4 ± 37,6 (17,6 – 51,8)
CVF (L)	3,49 ± 0,9 (2,15 – 5,93)
(%prev)	92,97 ± 15,8 (80 – 135)
VEF₁ (L)	2,82 ± 0,7 (1,71 – 4,67)
(%prev)	90,61 ± 16,6 (80 – 128)
VEF₁/CVF	0,81 ± 0,1 (0,70 – 0,91)
(%prev)	97,23 ± 6,7 (81 - 108)

Os valores estão expressos pela média ± desvio-padrão (variação: valor mínimo – valor máximo). n=número de indivíduos; kg: kilogramas; m: metros; IMC: índice de massa corpórea; CVF: capacidade vital forçada (L: litro); CVF (%prev): porcentagem do previsto para a capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF₁(%prev): porcentagem do previsto para o volume expiratório forçado no primeiro segundo.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo entre os valores obtidos por cada um dos observadores (observador A e B), nos dois momentos distintos (1^a e 2^a avaliação) (tabela 2).

Tabela 2 – Valores da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo dos participantes.

		Mobilidade do HD (mm)	Mobilidade do HE (mm)	P
1^a avaliação	Observador A	36,65 ± 17,86 (9,70 – 75,17)	35,12 ± 18,82 (4,86 – 82,68)	0,31
	Observador B	36,81 ± 17,07 (12,27 – 72,66)	35,50 ± 18,15 (8,66 – 80,68)	0,36
2^a avaliação	Observador A	36,53 ± 17,81 (11,52 – 78,93)	34,83 ± 18,18 (9,33 – 80,26)	0,24
	Observador B	36,55 ± 17,42 (11,49 – 73,31)	35,15 ± 18,30 (7,80 – 81,33)	0,33

Os valores estão expressos pela média ± desvio-padrão (variação: valor mínimo – valor máximo).
n= número de indivíduos; HD: hemidiafragma direito; HE: hemidiafragma esquerdo; mm: milímetros;
p: nível de significância.

Na análise da reprodutibilidade intraobservador, o coeficiente de correlação intraclass indicou “correlação muito alta” para o observador A tanto na avaliação radiográfica do hemidiafragma direito quanto esquerdo (ICC[2,1] = 0,99, p<0,001 e ICC[2,1] = 0,97 p<0,001 respectivamente) e também para o observador B (ICC[2,1] = 0,99, p<0,001 e ICC[2,1] = 0,99 p<0,001 respectivamente).

Na análise da reprodutibilidade interobservadores, o coeficiente de correlação intraclass indicou “correlação muito alta” tanto para o 1^a quanto para a 2^a avaliação radiográfica do hemidiafragma direito (ICC[2,1] = 0,98 e ICC[2,1] = 0,99, respectivamente, p<0,001) e também indicou “correlação muito alta” tanto para a 1^a quanto para a 2^a avaliação radiográfica do hemidiafragma esquerdo (ICC[2,1] = 0,98 e ICC[2,1] = 0,99, respectivamente, p<0,001). A reprodutibilidade intra e interobservadores das medidas radiográficas dos hemidiafragmas direito e esquerdo estão demonstradas na Tabela 3.

Tabela 3 – A reprodutibilidade intra e interobservadores das medidas radiográficas dos hemidiafragmas direito e esquerdo.

HEMIDIAFRAGMA DIREITO		ICC[2,1]	IC 95%	P
Reprodutibilidade Intraobservador	Observador A	0,99	0,99 – 1,00	<0,001
	Observador B	0,99	0,99 – 1,00	<0,001
Reprodutibilidade Interobservadores	1ª avaliação	0,98	0,97 – 0,99	<0,001
	2ª avaliação	0,99	0,98 – 1,00	<0,001
HEMIDIAFRAGMA ESQUERDO				
Reprodutibilidade Intraobservador	Observador A	0,97	0,95 – 0,99	<0,001
	Observador B	0,99	0,98 – 1,00	<0,001
Reprodutibilidade Interobservadores	1ª avaliação	0,98	0,96 – 0,99	<0,001
	2ª avaliação	0,99	0,99 – 1,00	<0,001

ICC[2,1]: coeficiente de correlação intraclassa de duas vias com concordância absoluta; IC 95%: intervalo de confiança de 95%; *p*: nível de significância.

A representação gráfica da reprodutibilidade intraobservador A e intraobservador B das medidas radiográficas do hemidiafragma direito encontram-se nos figuras 2 e 3, respectivamente.

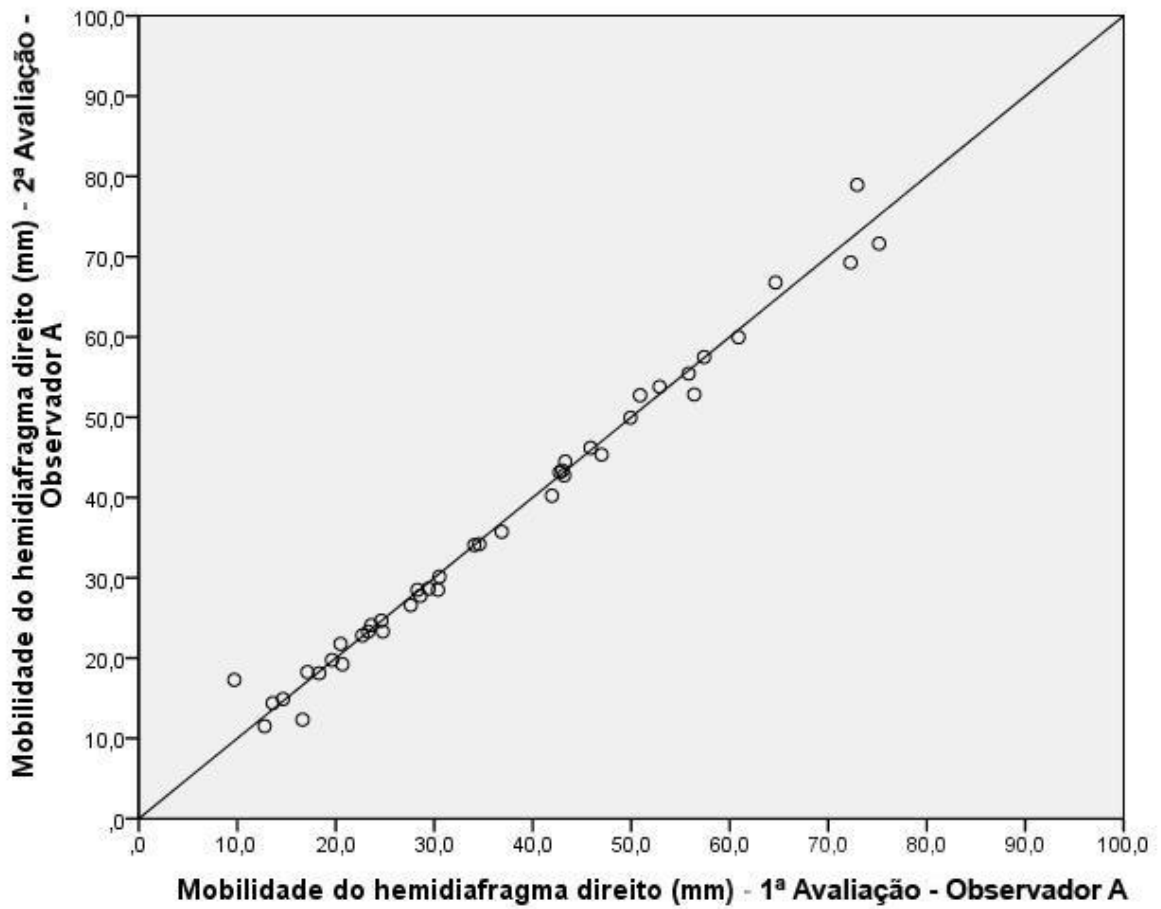


Figura 2 - Representação gráfica da correlação intraclasse entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador A.

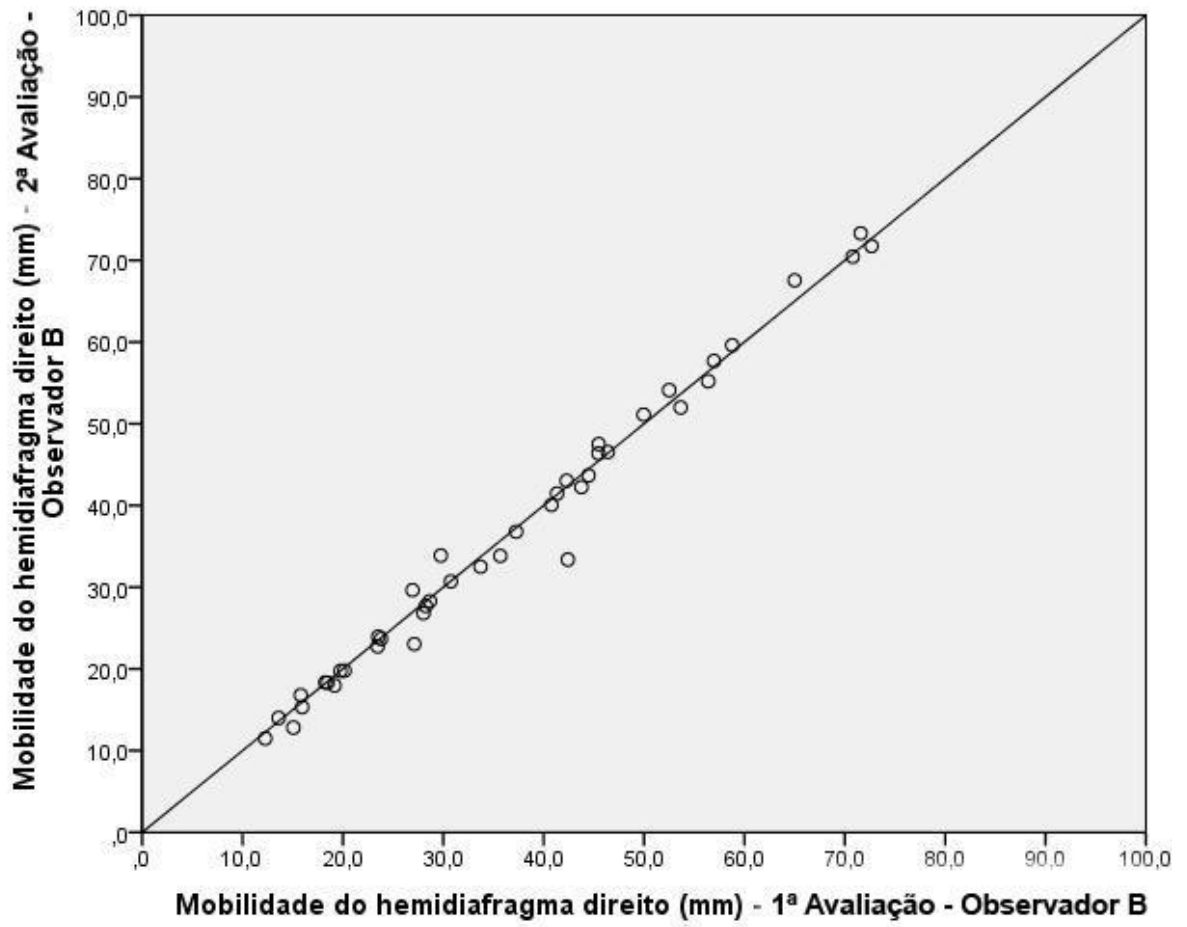


Figura 3 - Representação gráfica da correlação intraclassa entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador B.

A representação gráfica da reprodutibilidade interobservadores das medidas radiográficas do hemidiafragma direito na 1ª e na 2ª avaliação encontram-se nas figuras 4 e 5, respectivamente.

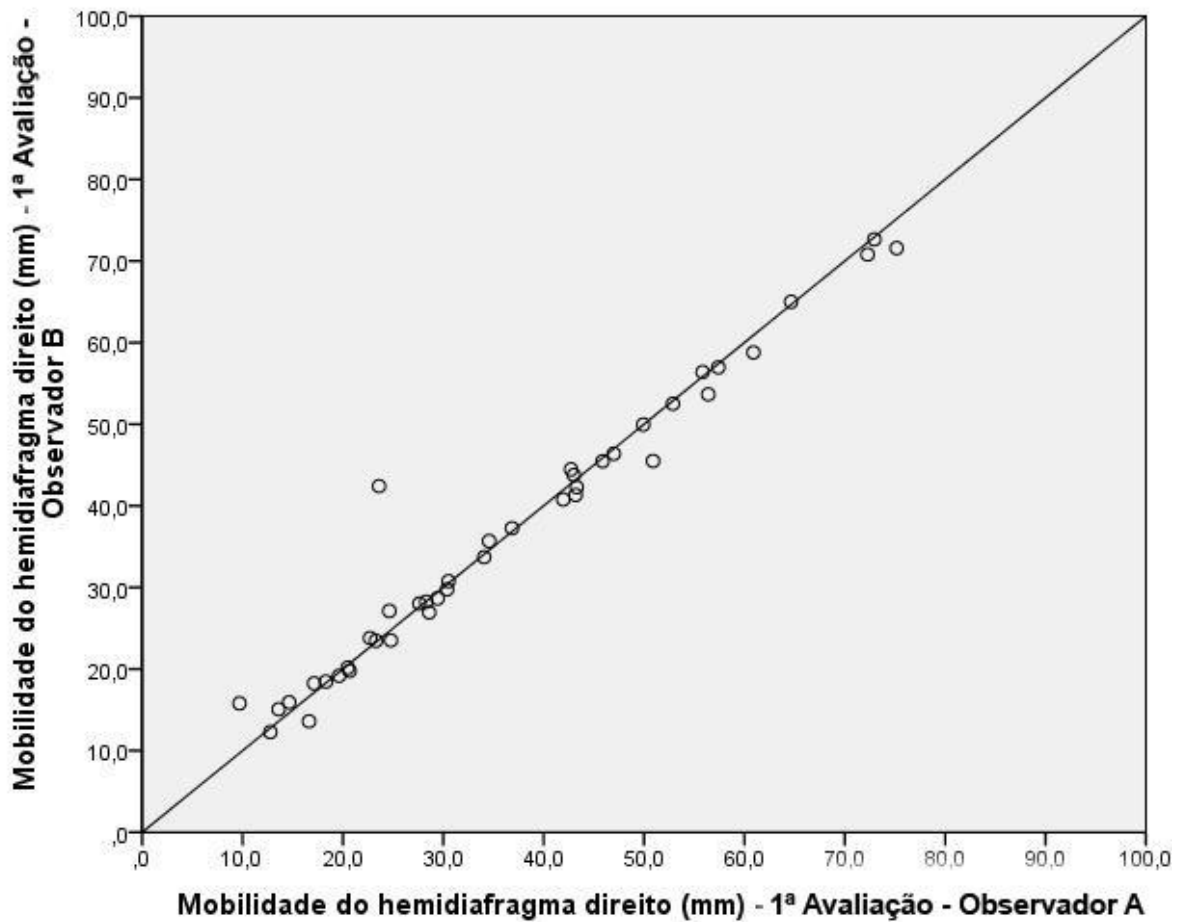


Figura 4 - Representação gráfica da correlação intraclasse entre os observadores A e B, na 1ª avaliação radiográfica.

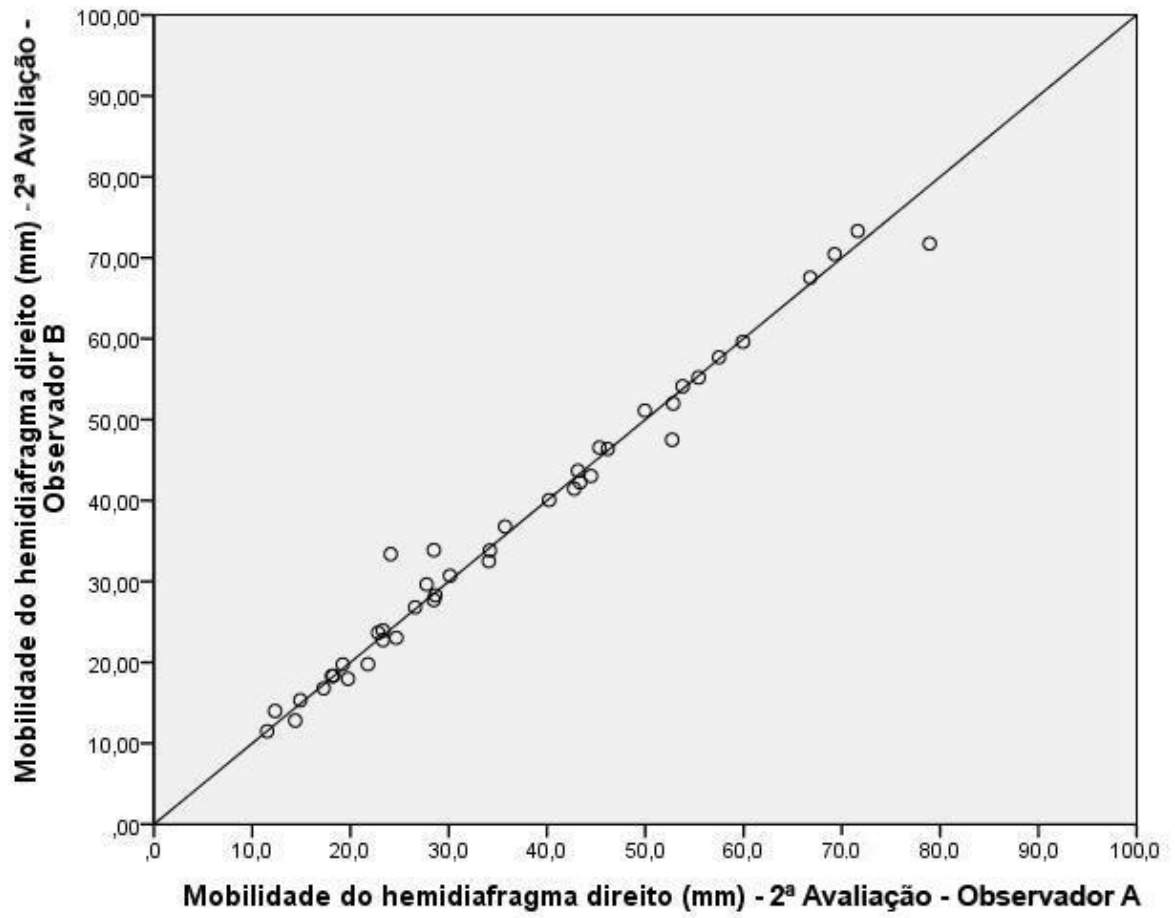


Figura 5 - Representação gráfica da correlação intraclassa entre os observadores A e B, na 2ª avaliação radiográfica.

A representação gráfica da reprodutibilidade intraobservador A e intraobservador B das medidas radiográficas do hemidiafragma esquerdo encontram-se nos figuras 6 e 7, respectivamente.

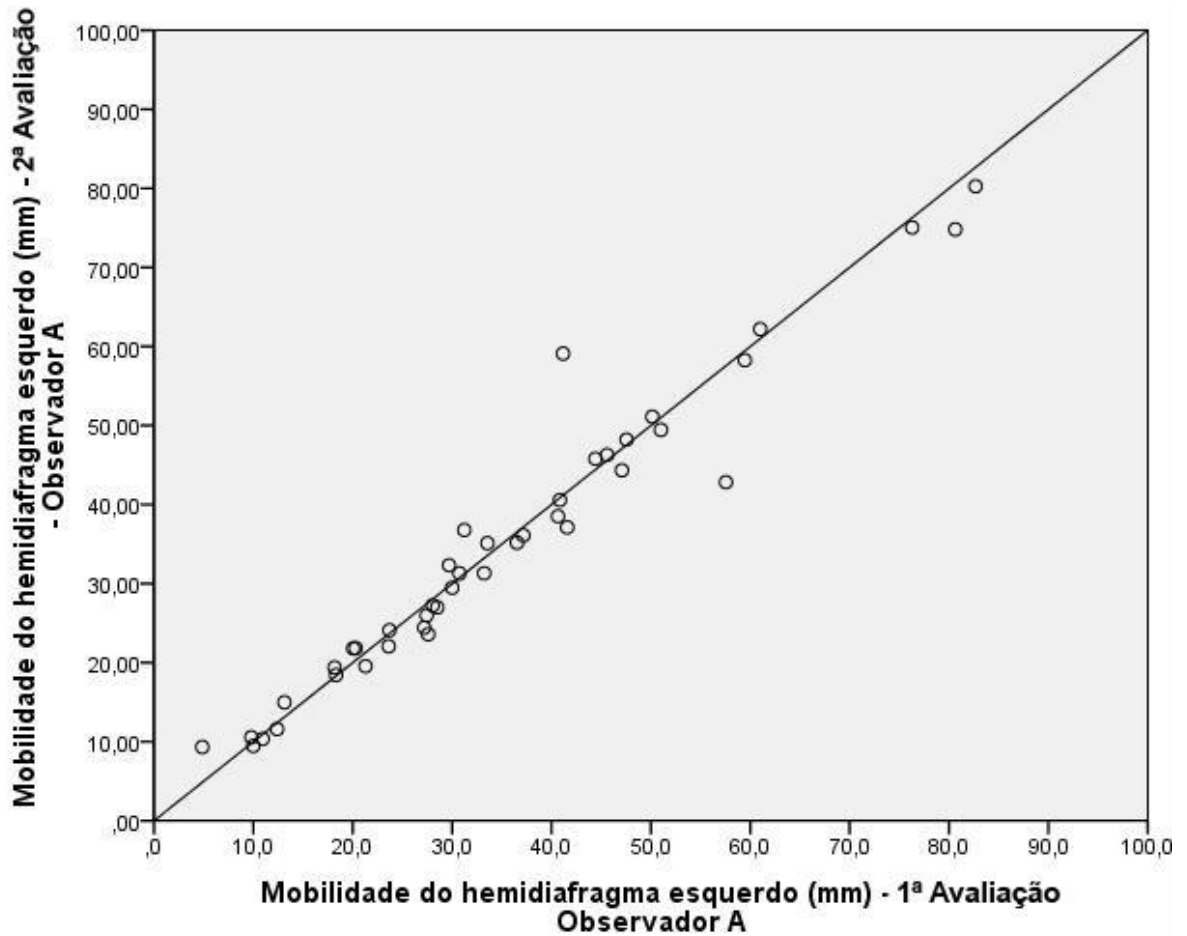


Figura 6 - Representação gráfica da correlação intraclasse entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador A.

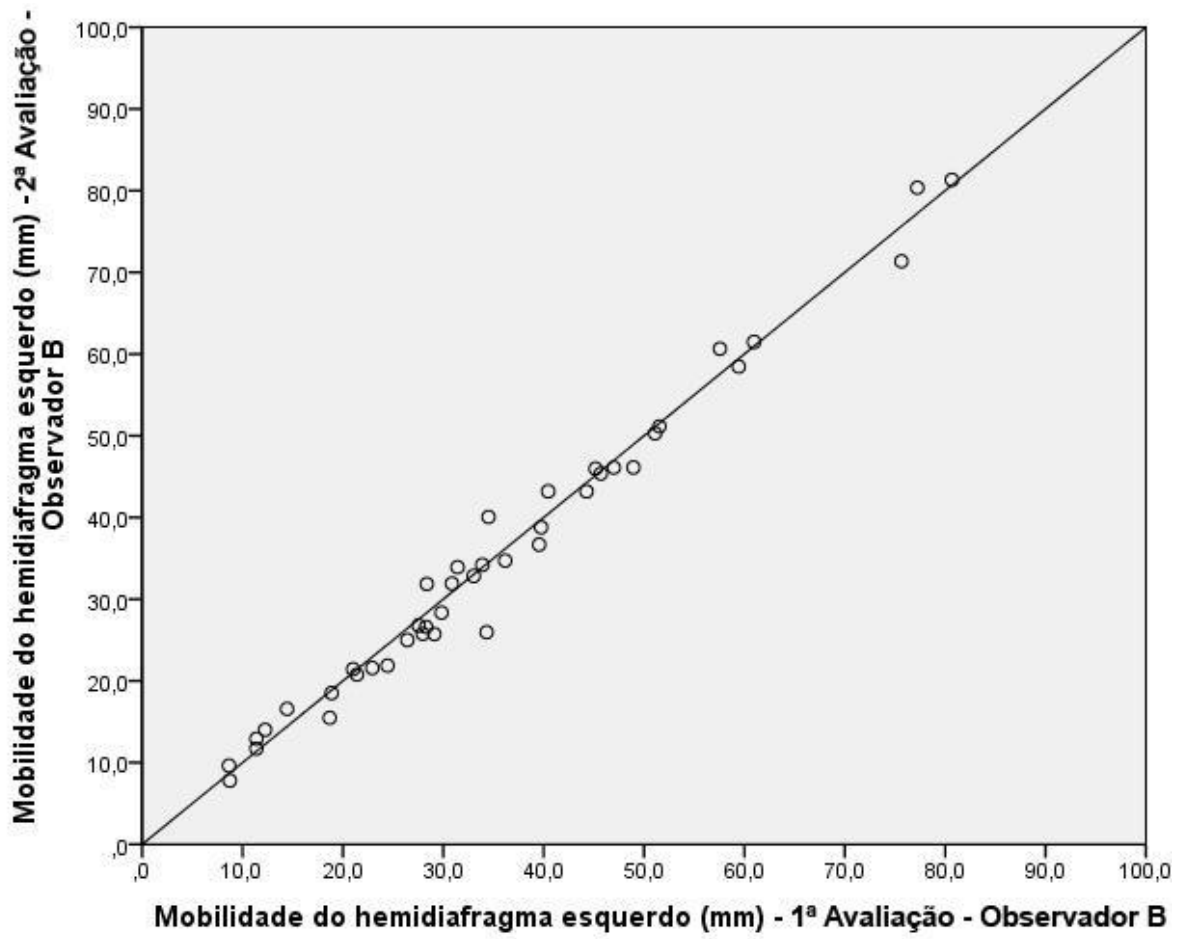


Figura 7 - Representação gráfica da correlação intraclassa entre a 1ª e 2ª avaliação radiográfica do observador B.

A representação gráfica da reprodutibilidade interobservadores das medidas radiográficas do hemidiafragma esquerdo na 1ª e na 2ª avaliação encontram-se nas figuras 8 e 9, respectivamente.

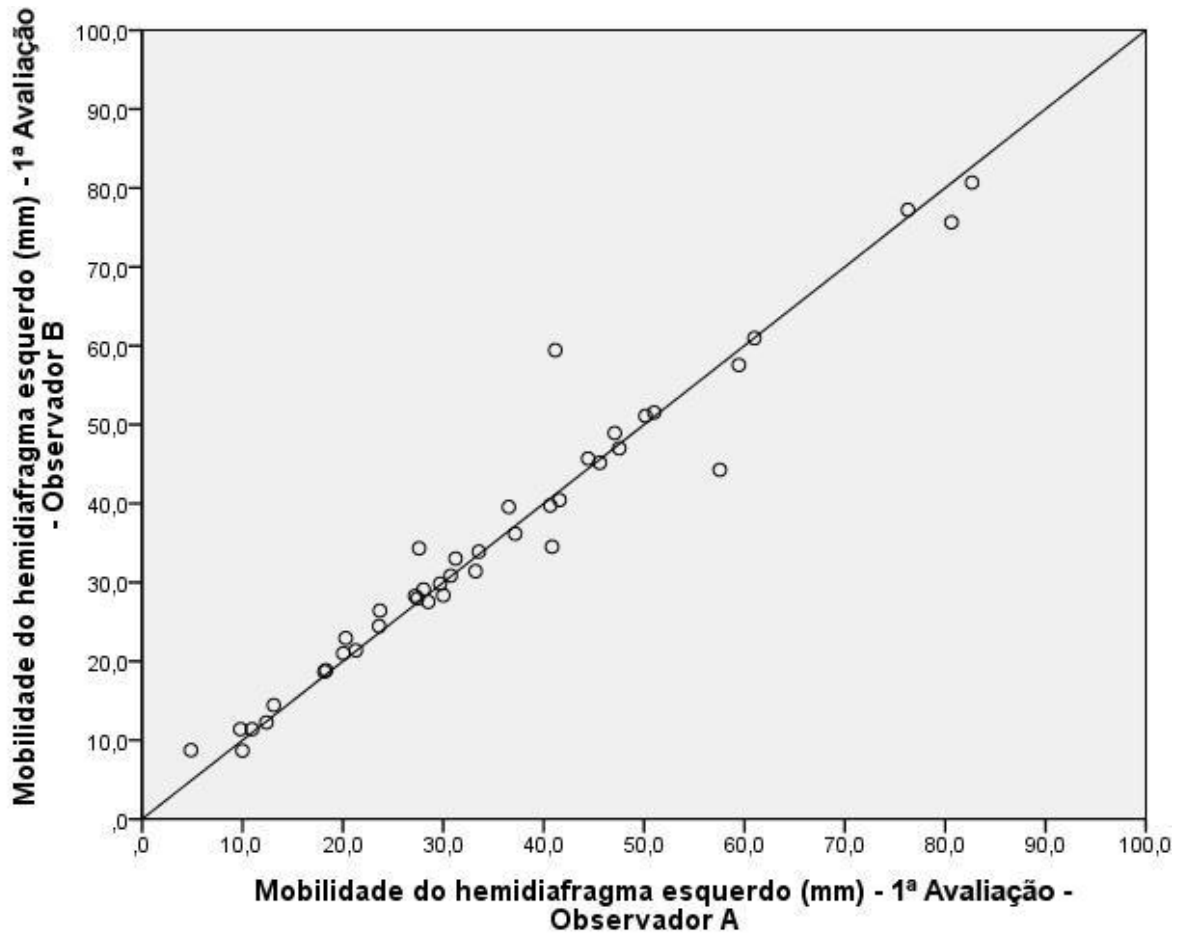


Figura 8 - Representação gráfica da correlação intraclasse entre os observadores A e B, na 1ª avaliação radiográfica.

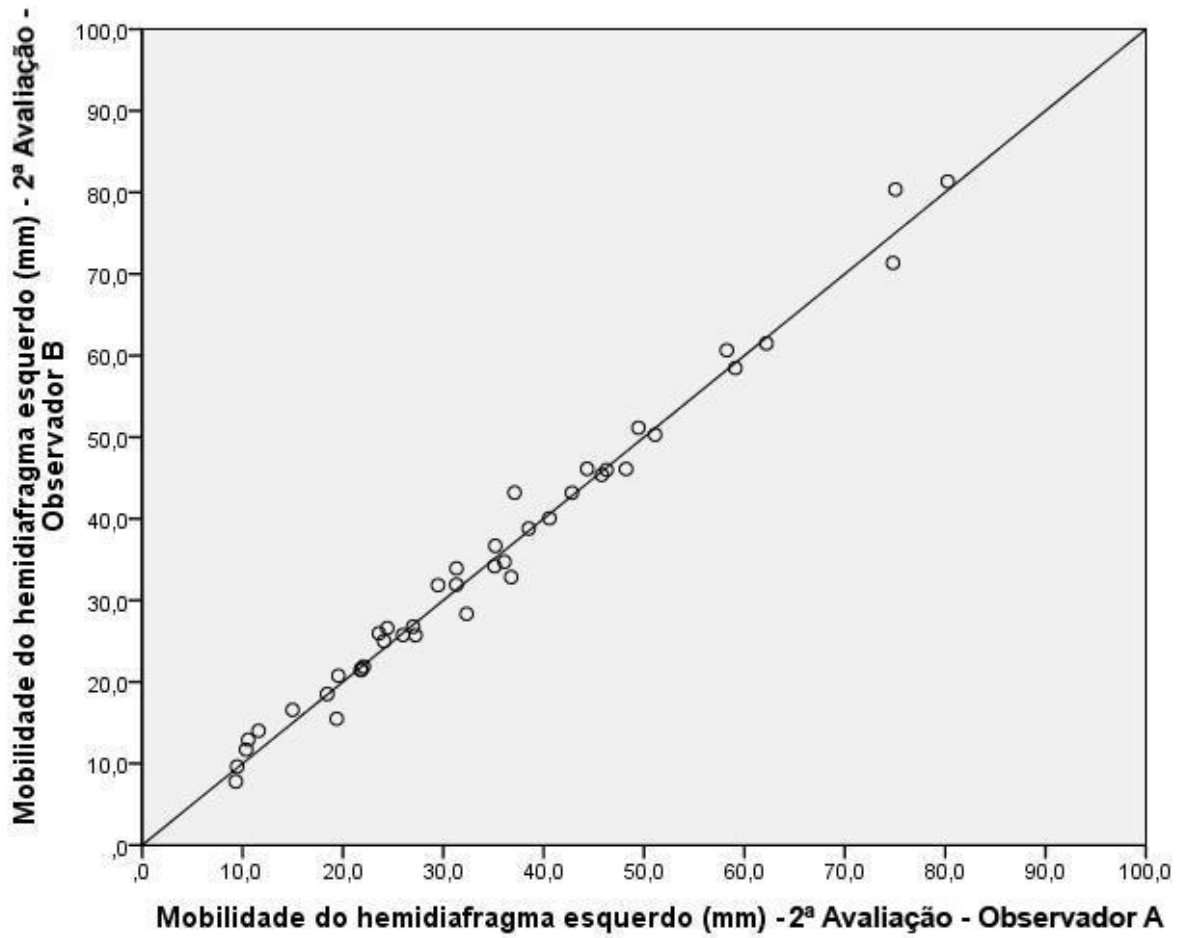


Figura 9 - Representação gráfica da correlação intraclassa entre os observadores A e B, na 2ª avaliação radiográfica.

Pelas disposições gráficas de Bland & Altman (Figuras 10 e 11), pode-se observar a concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas por cada um dos observadores, em dois momentos (concordância intraobservadores).

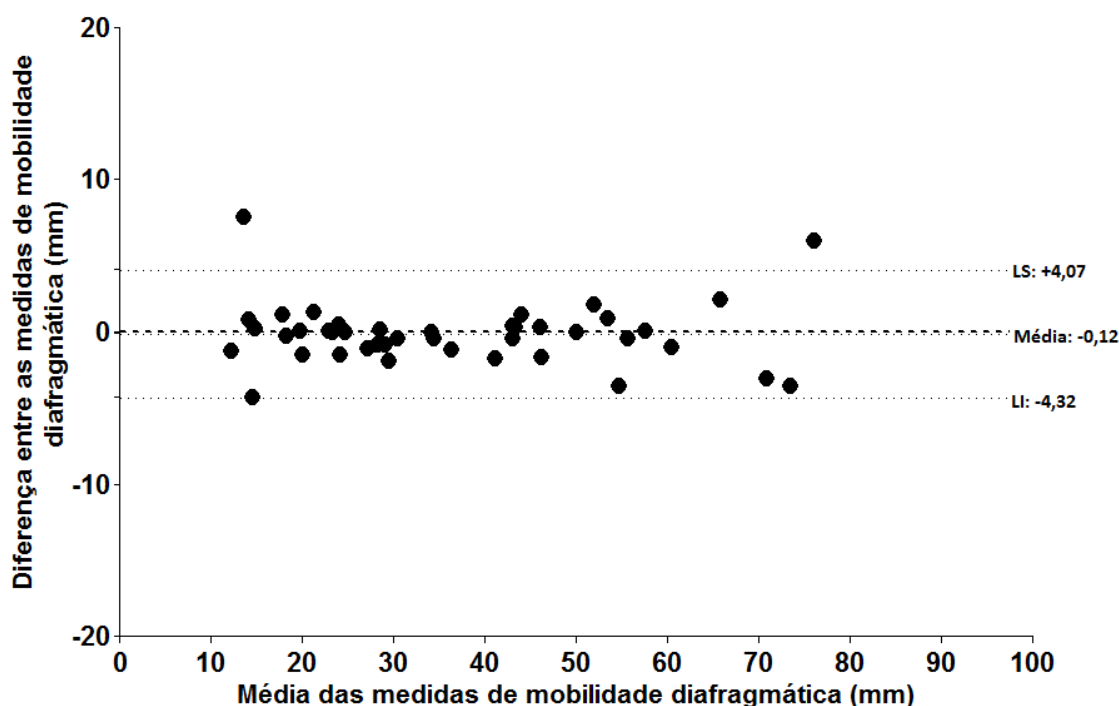


Figura 10 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelo observador A, na 1ª e na 2ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e na 2ª avaliação pelo observador A, para cada participante (Medida do observador A na 1ª avaliação + Medida do Observador A na 2ª avaliação / 2). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e 2ª avaliação pelo observador A, para cada participante (Medida do observador A na 2ª avaliação - Medida do Observador A na 1ª avaliação). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

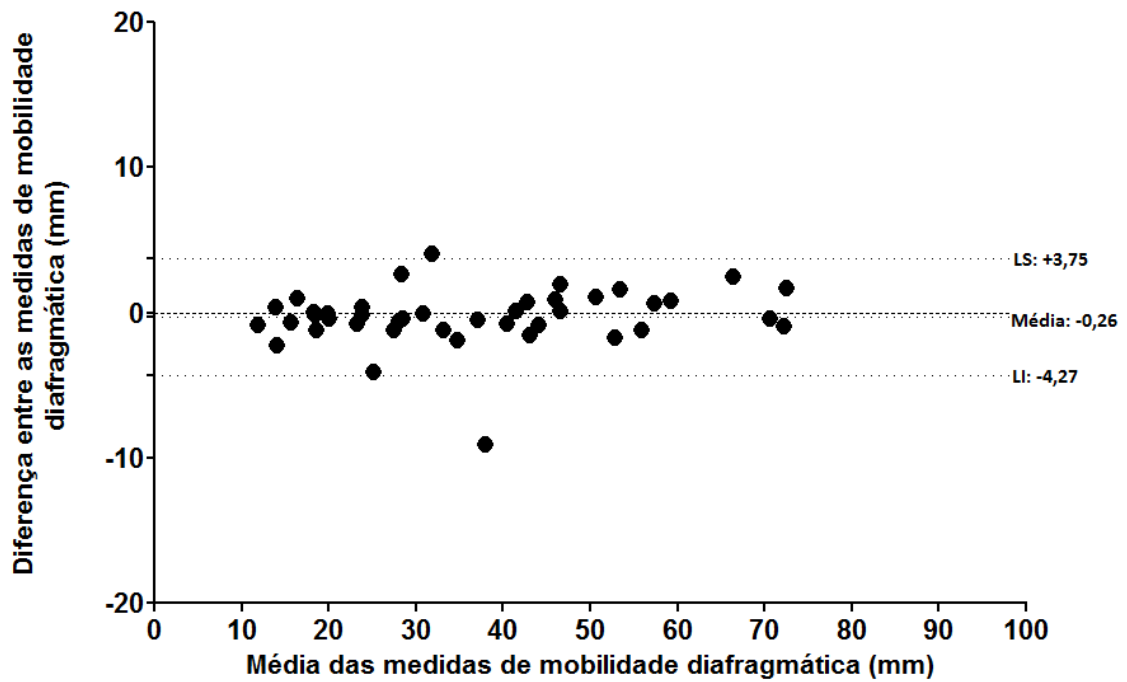


Figura 11 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelo observador B, na 1ª e na 2ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e na 2ª avaliação pelo observador B, para cada participante ($\text{Medida do observador B na 1ª avaliação} + \text{Medida do Observador B na 2ª avaliação} / 2$). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e 2ª avaliação pelo observador B, para cada participante ($\text{Medida do observador B na 2ª avaliação} - \text{Medida do Observador B na 1ª avaliação}$). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

Também pelas disposições gráficas de Bland & Altman (Figuras 12 e 13), pode-se observar a concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelos observadores A e B, tanto na 1ª quanto na 2ª avaliação radiográfica (concordância interobservadores).

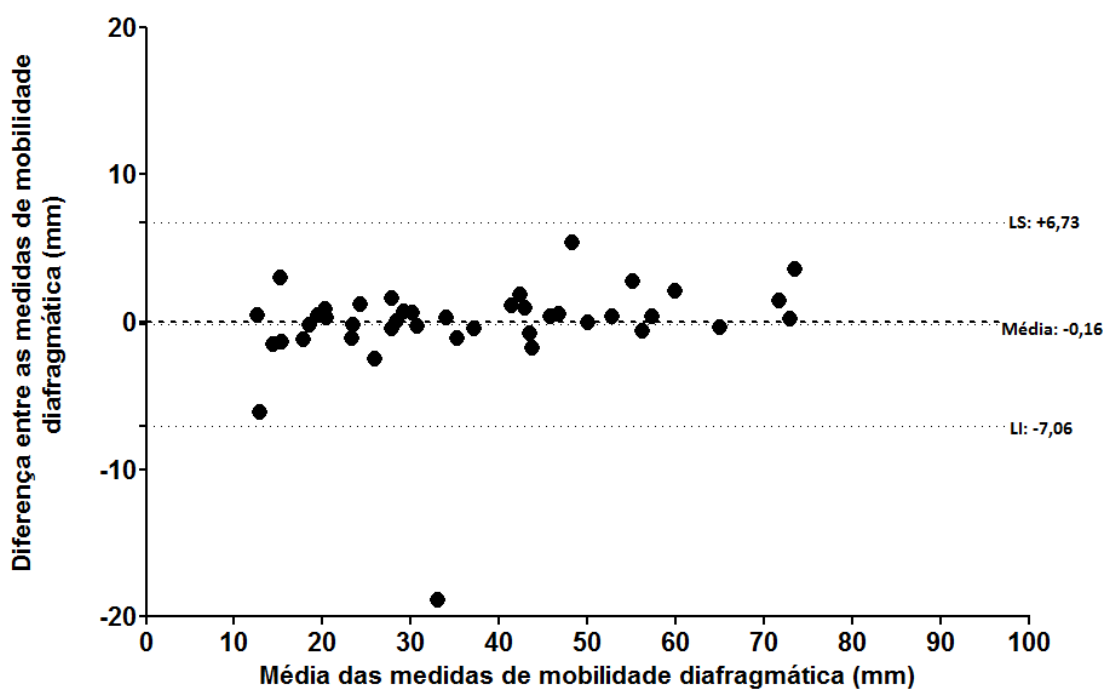


Figura 12 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelos observadores A e B – 1ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante (Medida do observador A + Medida do Observador B / 2). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante (Medida do observador B - Medida do Observador A). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

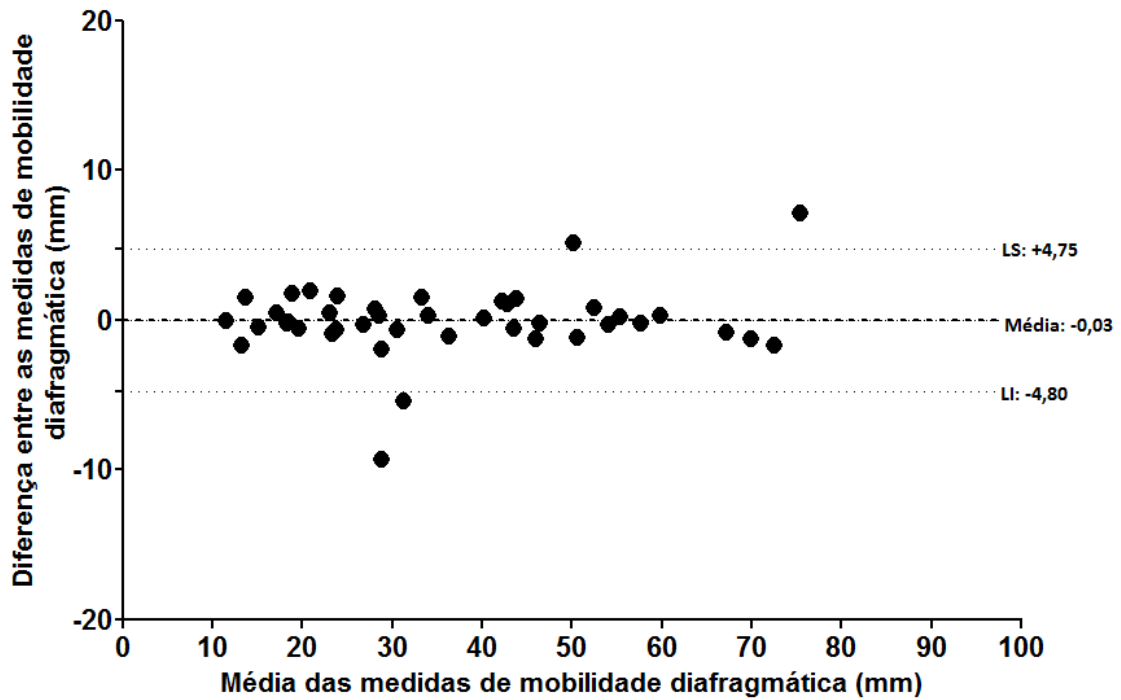


Figura 13 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma direito, obtidas pelos observadores A e B – 2ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante (Medida do observador A + Medida do Observador B /2). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante (Medida do observador B - Medida do Observador A). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

Também pelas disposições gráficas de Bland & Altman (Figuras 14 e 15), pode-se observar a concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas por cada um dos observadores, em dois momentos (concordância intraobservadores).

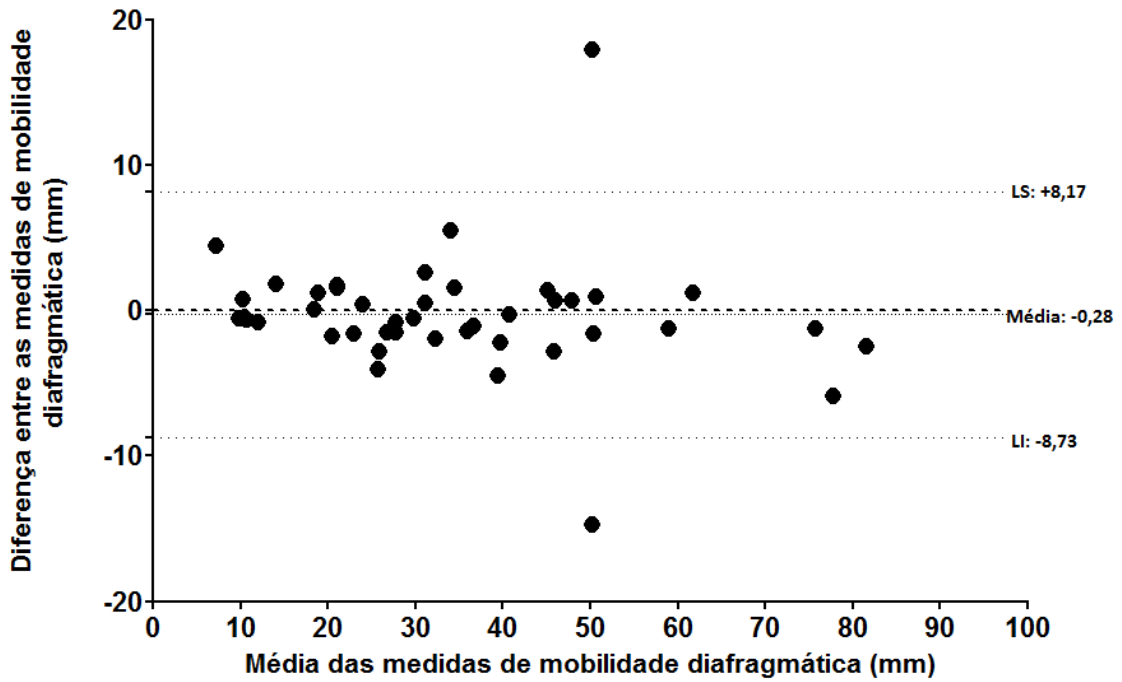


Figura 14 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelo observador A, na 1ª e na 2ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e na 2ª avaliação pelo observador A, para cada participante $(\text{Medida do observador A na 1ª avaliação} + \text{Medida do Observador A na 2ª avaliação}) / 2$. Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e 2ª avaliação pelo observador A, para cada participante $(\text{Medida do observador A na 2ª avaliação} - \text{Medida do Observador A na 1ª avaliação})$. LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

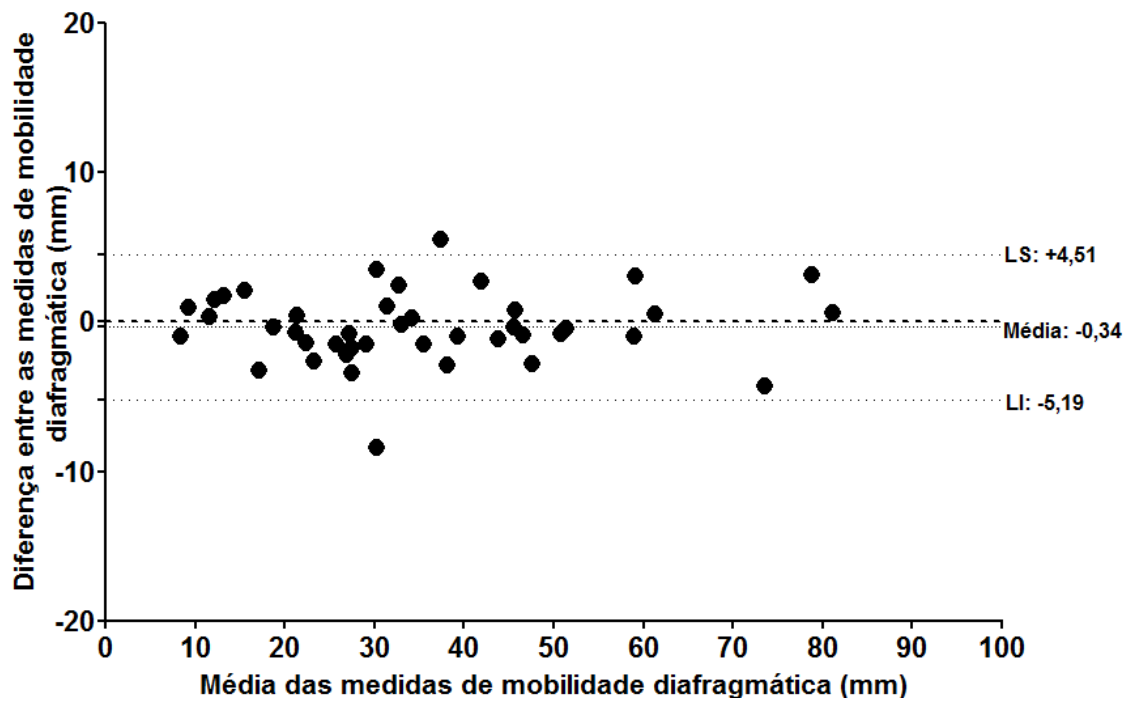


Figura 15 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelo observador B, na 1ª e na 2ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e na 2ª avaliação pelo observador B, para cada participante ($\text{Medida do observador B na 1ª avaliação} + \text{Medida do Observador B na 2ª avaliação} / 2$). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas na 1ª e 2ª avaliação pelo observador B, para cada participante ($\text{Medida do observador B na 2ª avaliação} - \text{Medida do Observador B na 1ª avaliação}$). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

Também pelas disposições gráficas de Bland & Altman (Figuras 16 e 17), pode-se observar a concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelos observadores A e B, tanto na 1ª quanto na 2ª avaliação radiográfica (concordância interobservadores).

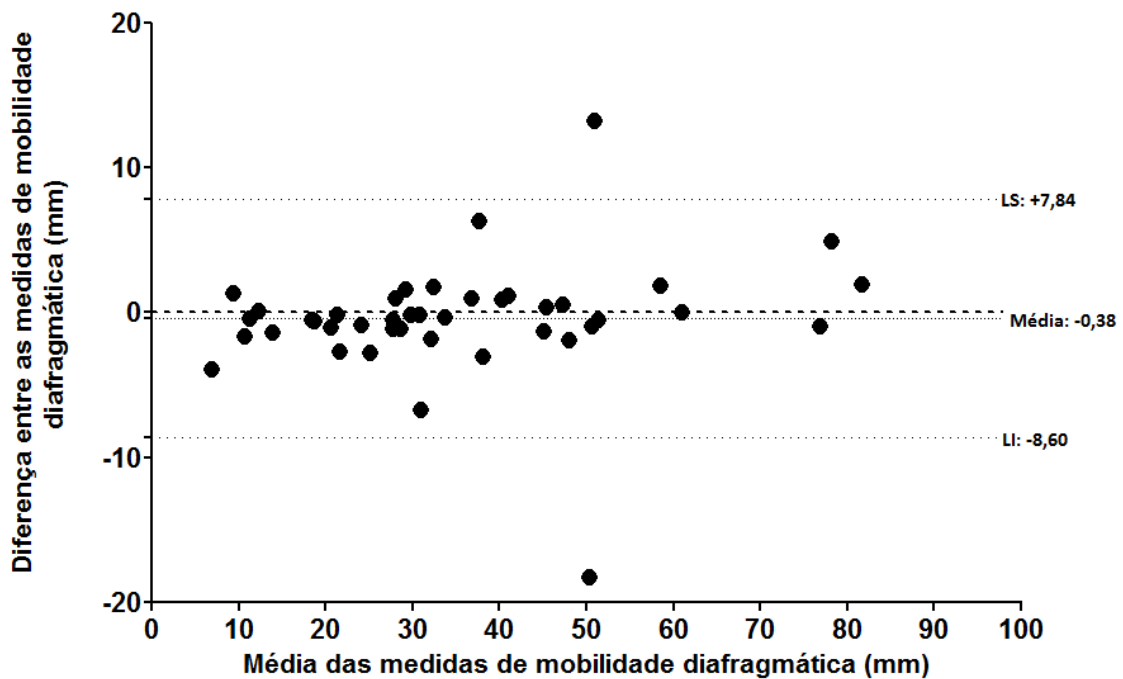


Figura 16 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelos observadores A e B – 1ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante ($\text{Medida do observador A} + \text{Medida do Observador B} / 2$). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante ($\text{Medida do observador B} - \text{Medida do Observador A}$). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

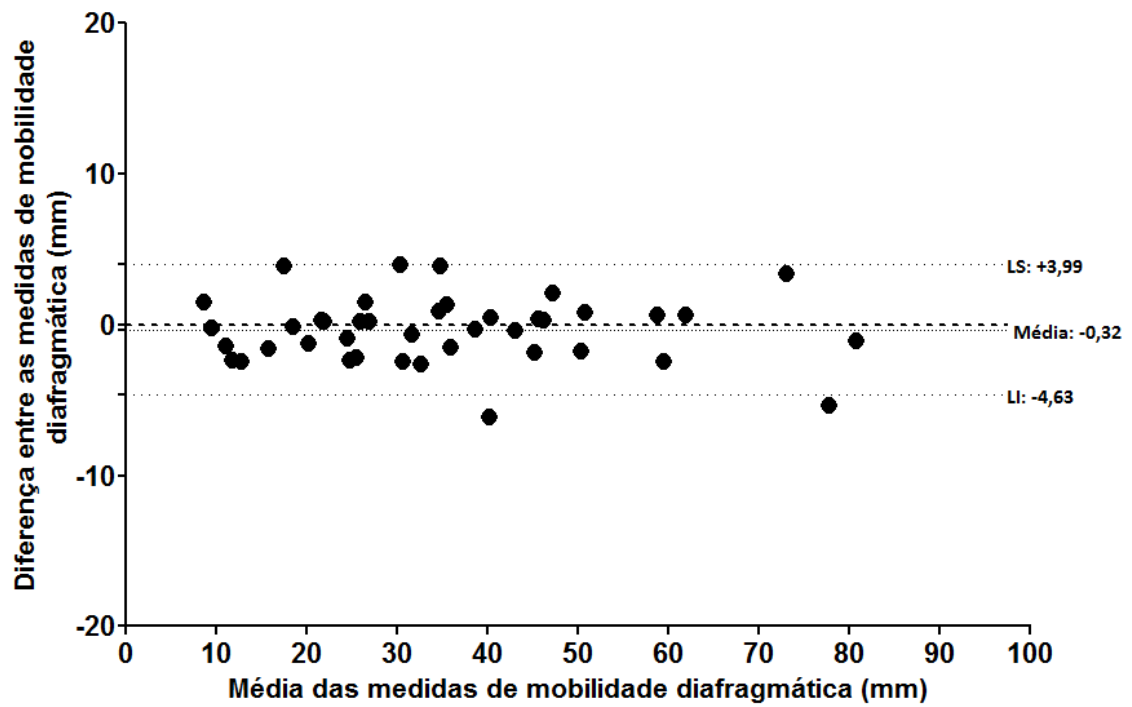


Figura 17 – Disposição gráfica de Bland & Altman para análise da concordância entre as medidas de mobilidade do hemidiafragma esquerdo, obtidas pelos observadores A e B – 2ª avaliação.

Eixo X: Média das medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante ($\text{Medida do observador A} + \text{Medida do Observador B} / 2$). Eixo Y: Diferença entre as medidas de mobilidade diafragmática, obtidas pelos observadores A e B, para cada participante ($\text{Medida do observador B} - \text{Medida do Observador A}$). LS: Limite superior. LI: Limite inferior.

5 DISCUSSÃO

Grande parcela da ventilação pulmonar ocorre em decorrência da atuação do músculo diafragma, por isso, avaliar a mobilidade diafragmática é fundamental na prática clínica (REID & DECHMAN, 1995; ANRAKU & SHARGALL, 2009, YAMAGUTI, 2011).A avaliação da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo, realizada nessa pesquisa pelo método radiográfico, é reprodutível intra e interobservadores. O exame é de fácil aplicação e fornece à prática clínica um método confiável para mensurar a mobilidade diafragmática, sendo válido para o profissional da área da saúde que objetiva estabelecer diagnóstico funcional e/ou acompanhar a evolução de um tratamento pois a disfunção do músculo diafragma pode ser observada em várias situações como, por exemplo, nas distrofias musculares, na lesão do nervo frênico, em pacientes submetidos a cirurgias torácicas e/ou abdominais, nos pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica, dentre outras (AYOUB *et al.*, 2001; ROBERTS, 2009; MAISH, 2010; KANG *et al.*, 2011).

O uso de instrumentos confiáveis é imprescindível na prática clínica, uma vez que a utilização de métodos subjetivos pode comprometer os resultados a serem obtidos. Sendo assim, é extremamente importante que todo o instrumento ou método de avaliação seja avaliado quanto à sua confiabilidade para assegurar que o

erro envolvido na mensuração seja reduzido e para detectar mudanças no que está sendo mensurado.

O valor médio da mobilidade do hemidiafragma direito foi de $36,6 \pm 17,5$ mm, resultado similar ao encontrado no estudo de Toledo *et al.* (2003), cujo valor obtido na avaliação radiográfica da mobilidade do hemidiafragma direito foi de $34,8 \pm 17,0$ mm. Já em um estudo realizado por Grams *et al.* (2011), no qual foi feita a avaliação da mobilidade do hemidiafragma direito utilizando o ultrassom de forma indireta, a média encontrada entre os participantes foi de $62,9 \pm 10,75$ mm. Tal estudo foi composto por adultos jovens (média de 24,8 anos $\pm 2,7$) e saudáveis, enquanto que, na presente pesquisa, a média de idade dos participantes foi maior (39,7 anos $\pm 13,5$) e os participantes estavam esperando para realizar cirurgia de colecistectomia, sendo que muitos deles estavam há muitas semanas internados no hospital aguardando o procedimento cirúrgico. Nesse período, a maioria deles ficava mais tempo restrito ao leito, sem fazerem exercícios físicos ou mesmo sem se alimentarem direito. Talvez isso explique o porquê dessa diferença entre as médias da mobilidade do hemidiafragma direito nesses dois estudos. Contudo, a média de mobilidade do hemidiafragma direito realizado por Toledo *et al.* (2003), no qual a população é composta por indivíduos hepatopatas, corrobora com nossa pesquisa, que também é composta por indivíduos portadores de patologia.

De acordo com Simon (1956), a maioria das pessoas normais possui mobilidade diafragmática igual ou superior a 30mm. Houston *et al.* (1992) estabeleceram que a mobilidade do diafragma é normal quando superior a 20mm. Gerscovich *et al.* (2001) apresentaram resultados semelhantes aos encontrados por

Houston *et al.* (1992). Sendo assim, verifica-se que a maioria dos participantes do presente estudo possuía uma mobilidade diafragmática dentro da normalidade.

Foi observada grande faixa de variação (em mm) dos valores de mobilidade mínimo e máximo obtidos entre os participantes, sendo que essa ampla variação também foi encontrada em outros estudos (SIMON *et al.*, 1969; HOUSTON *et al.*, 1992; KANTARCI *et al.*, 2004; BOUSSUGES *et al.*, 2009). Simon *et al.* (1969) observaram valores de mobilidade diafragmática compreendidos entre 0 e 85mm, Houston *et al.* (1992) encontraram uma faixa de variação de 23 a 97mm, Kantarci *et al.* (2004) obtiveram variação de 25 a 84mm e Boussuges *et al.* (2009) apresentaram valores entre 36 e 92mm.

O índice de massa corporal (IMC) (definido pelo peso em kg dividido pela altura em metros quadrados) torna-se medida útil para avaliar o excesso de gordura corporal. Segundo a classificação internacional de adultos de acordo com o IMC (World Health Organization – WHO (2000)), adultos com IMC entre 25 e 29,9 são considerados pré-obesos, A obesidade causa prejuízos à mobilidade diafragmática, principalmente pelo grande depósito de gordura abdominal, que pressiona o músculo diafragma no sentido cefálico, gerando uma desvantagem mecânica e sobrecarga ao mesmo (KOENIG, 2001). Somente dois participantes do estudo tinham peso normal. A maioria era classificada como pré-obesa. Sendo assim, como a maioria dos participantes do nosso estudo eram pré-obesos, podemos concluir que a média de mobilidade diafragmática encontrada entre os participantes da pesquisa poderia ter sido maior caso a média de IMC dos participantes fosse mais baixa, uma vez que a obesidade causa prejuízos à mecânica respiratória.

Em relação à faixa etária, alguns estudos envolvendo a utilização da técnica radiográfica apresentam grande variação da idade dos participantes. Simon *et al.* (1969), realizaram um estudo com 188 indivíduos, com idade compreendida entre 15 e 65 anos. Toledo *et al.* (2003) avaliaram 51 pacientes com idade entre 15 e 71 anos. Já nos estudos de Singh *et al.* (2001) e Fernandes (2004), as idades dos participantes também variaram, porém, essa variação foi um pouco menor do que nos estudos dos autores citados anteriormente: respectivamente entre 40 a 80 anos e 45 a 75 anos. Essa variação também foi observada no nosso estudo, fator que pode ter interferido na variabilidade dos resultados de mobilidade encontrados, uma vez que pacientes de mais idade tendem a ter um pior funcionamento da mecânica pulmonar (ZAUGG & LUCCHINETTI, 2000) se comparados a pacientes mais jovens, contudo, esses dados não comprometem o resultado do nosso estudo, pois o nosso objetivo principal foi conhecer se o método era reproduzível ou não.

Utilizou-se o coeficiente de correlação intraclassa (ICC), que é uma medida de confiabilidade dos observadores, para verificar a reprodutibilidade do método radiográfico para avaliação da mobilidade diafragmática, o qual indicou “correlação muito alta” entre as medidas obtidas por observadores iguais (intraobservadores) e por observadores diferentes (interobservadores), tanto para o hemidiafragma direito quanto para o esquerdo. Na análise da mobilidade do hemidiafragma direito realizada no estudo de Grams *et al.* (2011), verificou-se uma “moderada correlação” entre as medidas intraobservadores e uma “alta correlação” entre as medidas interobservadores. Com isso, podemos observar que avaliação da mobilidade do hemidiafragma direito utilizando a radiografia de tórax apresenta maior confiabilidade

que o método ultrassonográfico. Além disso, é possível, com o método radiográfico, avaliar os dois hemidiafragmas.

A disposição gráfica de Bland & Altman também foi utilizada para análise da reprodutibilidade intra e interobservadores e demonstrou boa concordância entre as medidas, pois a média das diferenças obtidas por observadores iguais e por observadores diferentes tiveram valores próximos a zero, indicando a proximidade das medidas.

Em relação aos limites de concordância, verificou-se que as diferenças entre as medidas do hemidiafragma direito e esquerdo obtidas pelos dois observadores são inferiores a 6,73mm e 7,84mm, respectivamente. Essas diferenças foram obtidas na primeira avaliação de cada um dos hemidiafragmas. Na segunda avaliação, a diferença diminuiu tanto para o hemidiafragma direito quanto para o esquerdo. A existência dessas diferenças, apesar de pequenas, pode ter ocorrido devido a fatores individuais dos próprios observadores, como motivação ou cansaço durante a análise dos exames, ou ainda ambientais, visto que o ambiente de análise dos exames não foi o mesmo na primeira e na segunda avaliação.

O presente estudo é inédito, pois outros estudos utilizaram a radiografia torácica para avaliar a mobilidade do diafragma, mas nenhum deles, até a presente data, pesquisou a reprodutibilidade do método. Outros fatores que nos levaram a escolher o método para a presente pesquisa foram: simplicidade quando comparado a outros métodos de avaliação da mobilidade do diafragma, facilidade de se encontrarem aparelhos radiográficos nas clínicas e hospitais, facilidade de aplicação, baixo custo e por permitir a avaliação das duas hemicúpulas diafragmáticas.

Apesar das dificuldades do estudo, pode-se observar que o método radiográfico para avaliação da mobilidade diafragmática é um recurso prático, rápido e de fácil aplicação para avaliar o movimento do diafragma durante a respiração. Além disso, o método demonstrou ser reprodutível intra e interobservadores, o que garante confiabilidade para aplicação do mesmo na prática clínica e na realização de outras pesquisas.

6 CONCLUSÃO

O método radiográfico demonstrou ser um instrumento de medida confiável e reprodutível para avaliação direta da mobilidade dos hemidiafragmas direito e esquerdo intra e interobservadores. A técnica é de fácil aplicação e fornece à prática clínica um método confiável para mensurar a mobilidade diafragmática.

REFERÊNCIAS

ANRAKU, M. & SHARGALL, Y. Surgical Conditions of the Diaphragm: Anatomy and Physiology **Thorac Surg Clin**, v.19, p.419–29, 2009.

AYOUB, J.; COHENDY, R.; PRIOUX, J.; AHMAIDI, S.; BOURGEOIS, J. M.; DAUZAT, M.; RAMONATXO, M.; PRÉFAUT, C. Diaphragm movement before and after cholecystectomy: a sonographic study. **Anesth Analg**, v.92, p.755-61, 2001.

BLAND, J.M. & ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v.327, n.8476, p.307-10, 1986.

BOUSSUGES, A.; GOLE, Y. & BLANC, P. Diaphragmatic Motion Studied by M-Mode Ultrasonography : Methods, Reproducibility, and Normal Values. **Chest**, v.135, p.391-400, 2009.

BRAUN, N.M.T.; ARORA, N.S.; ROCHESTER, D.F. Force-length relationship of the normal human diaphragm. **J Appl Physiol**, v.53, p.405–12, 1982.

CARVALHO, D.S.; KOWACS, P.A. Avaliação da intensidade da dor. **Migrâneas cefaléias**. Obesity: preventing and managing the global epidemic . v.9, n.4, p.164-8, 2006.

CURRY, T.S.; DOWTEY, J.I.; MURRY, R.C. **Christensen`s Physics of Diagnostic radiology**. 4^a ed. Filadélfia: Lea & Febiger; 1990.

ENGLE, J.; SAFI, H.J.; MILLER, C.C.I; CAMPBELL, M.P.; HARLIN, S.A.; LETSOU, G.V. *et al.*. The impact of diaphragm management on prolonged ventilator support after thoracoabdominal aortic repair. **Jvasc Surg**. v.29, p.150-6, 1999.

FERNANDES, M. Estudo do padrão respiratório, movimentação toracoabdominal e ventilação em pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica de graus moderado, grave e indivíduos sadios. [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2004.

FITTING, J.W.; GRASSINO, A. Diagnosis of diaphragmatic dysfunction. **Clin Chest Med**. v.8, p.91-103, 1987.

FLOWER, C.D.R. The diaphragm: diagnostic radiology. **Churchill Livingstone**. v.1, p.170, 1986.

FRIEDMAN, M.; FRIEDLAND, G.W. **As Dez Maiores Descobertas da Medicina**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000. 170-94p.

GAUTHIER, A.P.; VERBANCK, S.; ESTENNE, M.; SEGEBARTH, C.; MACKLEM, P.T.; PAIVA, M. Three-dimensional reconstruction of the in vivo human diaphragm shape at different lung volumes. **J Appl Physiol**. v.76, p.495–506, 1994.

GERSCOVICH, E.O.; CRONAN, M.; McGAHAN, J.P.; JAIN, K.; JONES, C.D.; McDONALD, C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. **J Ultrasound Med**, v.20, p.597-604, 2001.

GIBSON, G.J. Diaphragmatic paresis: pathophysiology, clinical features and investigation. **Thorax**. v.44, p. 960-70, 1989.

GIERADA, D.S.; SLONE, R.M.; FLEISHMAN, M.J. Imaging evaluation of the diaphragm. **Chest Surg Clin N Am**, v.8, p.237-80, 1998.

GRAMS, S.T. Avaliação da reprodutibilidade da mobilidade diafragmática pelo método ultrassonográfico indireto. Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

HOUSTON, J.G.; FLEET, M.; COWAN, M.D.; MCMILLAN, N.C. Comparison of ultrasound with fluoroscopy in the assessment of suspected hemidiaphragmatic movement abnormality. **Clin Radiol**. v.50, n.2, p.95-8, 1995.

HOUSTON, J.G.; MORRIS, A.D.; HOWIE, C.A.; REID, J.L.; MCMILLAN, N. Technical report: quantitative assessment of diaphragmatic movement - a reproducible method using ultrasound. **Clinical Radiology**. v.46, p. 405-7, 1992.

KANG, H.W.; KIM, T.O., LEE, B.R.; YU, J.Y.; CHI, S.Y.; BAN, H.J.; *et al.* Influence of Diaphragmatic Mobility on Hypercapnia in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **J Korean Med Sci**. v.26, p.1209-13, 2011.

KANTARCI, F.; MIHMANLI, I.; DEMIREL, M.K.; HARMANCI, K.; AKMAN, C.; AYDOGAN, F.; MIHMANLI, A.; UYSAL, O.. Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with m-mode sonography. **J Ultrasound Med**., v.23, p.255-60, 2004.

LAGHI, F.; TOBIN, M. Disorders of the Respiratory Muscles. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v.168, p.10-48, 2003.

MAISH, M.S. The diaphragm. **Surg Clin N AM**. v.90, p.955–68, 2010.

MCCOOL, F.D.; TZELEPIS, G.E.; HOPPIN, F.G. Inspiratory pump performance: a pressure flow volume framework. **Thorax**. v.85, p.1463-78, 1995.

MILLER, M. R. Series “ATS/ERS task force: Standardisation of lung function testing”. Standardisations of spirometry. **Eur Respir J**. v.26, p.319–38, 2005.

MUNRO, B.H. **Statistical methods for health care research**. 3^a ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 1997.

PAUL, L.W.; JUHL, J.H. **Interpretação Radiológica**. 6^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara 1996.

PAULIN, E.; YAMAGUTI, W.P.; CHAMMAS, M.C.; SHIBAO, S.; STELMACH, R.; CUKIER, A.; *et al.* Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. **Respir Med**. v.101, p.2113-18, 2007.

PEREIRA, C.A.C.; RODRIGUES, S.C.; SATO, T. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. **J Bras Pneumol**, v.33, n.4, p.397-406, 2007.

POLLE, D.C.; SEXTON, W.L.; FARKAS, G.A.; POWERS, S.K.; REID, M.B. Diaphragm structure and function in health and disease. **Med & Sci Sports & Exerc**, v.29, p.738-54, 1997.

REID, W.D. & DECHMAN, G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. **Phys Ther**, v.75, p.971-82, 1995.

ROBERTS, H.C. Imaging the Diaphragm. **Thorac Surg Clin**, v.19, p.431–50, 2009.

SIAFAKAS, N.M.; MITROUSKA, I.; BOUROS, D.; GEORGOPOULOS, D. Surgery and the respiratory muscle. **Thorax**. v.54, p. 458-65, 1999.

SIMON, G.; BONNELL, J.; KAZANTZIS, G.; WALLER, R.E. Some radiological observations on the range of movement of the diaphragm. **Clin Radiol**. v.20, n.2, p.231-3, 1969.

SIMON, G. Principles of chest X-ray diagnosis. Butterworth, p.98, 1956.

SINGH, B.; EASTWOOD, P.R.; FINUCANE, K.E.; PANIZZA, J.A.; MUSK, A.W. Effect of asbestos-related pleural fibrosis on excursion of the lower chest wall and diaphragm. **Am J Respir Crit Care Med**. v.160, p.1507-15, 1999.

SINGH B, EASTWOOD PR, FINUCANE KE. Volume displaced by diaphragm motion in emphysema. **J Appl Physiol**. v.91, p. 1913-23, 2001.

TOLEDO, N.S.G.; KODAIRA, S.K.; MASSAROLLO, P.CB.; PEREIRA, O.I.; MLES, S. Right hemidiafragmatic mobility: assessment with US measurement of craniocaudal displacement of left branches of portal vein. **Radiology**, v.228: 389-94, 2003.

TOLEDO, N.S.G. Avaliação do hemidiafragma esquerdo por meio da medida ultrasonográfica do deslocamento crânio-caudal do hilo e pólo inferior esplênico. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2005

WAIT, J.L.; NAHORMEK, P.A.; YOST, W.T.; ROCHESTER, D.P. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. **J Appl Physiol**. v.67, n.4, p.1560-8, 1989.

WALSH, J.M.; WEBBER, C.L.; FAHEY, P.J.; SHARP, J.T. Structural change of the thorax in chronic obstructive pulmonary disease. **J appl physiol.** v.72, n.4, p.1270-8, 1992.

World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. **Technical report series** 894. Geneva, 2000.

YAMAGUTI, W.P.S. Mobilidade diafragmática em pacientes com DPOC: avaliação ultra-sonográfica do deslocamento crânio-caudal do ramo esquerdo da veia porta. [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2007.

YAMAGUTI, W.P.S.; PAULIN, E.; SHIBAO, S.; CHAMMAS, M.C.; SALGE, J.M.; RIBEIRO, M. et al.. Air trapping: The major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. **Respirology.** v.13, n.1, p.138-44, 2008.

YAMAGUTI, W.P.S.; PAULIN, E.; SALGE, J.M.; CHAMMAS, M.C.; CUKIER, A.; CARVALHO, C.R.F. Disfunção diafragmática e mortalidade em pacientes portadores de DPOC. **J Bras Pneumol**; v.35, n.12,1174-81, 2009.

YAMAGUTI, W.P.S.; SAKAMOTO, E.T.; PANAZZOLO, D.; PEIXOTO, C.C.; CERRI, G.G.; ALBUQUERQUE, A.L.P. Diaphragmatic mobility in healthy subjects during incentive spirometry with a flow-oriented device and with a volume-oriented device. **J Bras Pneumol.**v.36, p. 738-45, 2010.

YAMAGUTI, W.P.S. Efeitos de um programa de exercícios diafragmáticos de curta duração na mecânica respiratória e capacidade funcional de pacientes com DPOC: ensaio clínico controlado e aleatorizado. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2011.

ZAUGG M, LUCCHINETTI E. Respiratory function in the elderly. **Anesth Clin North America.** v.18, p.47-58, 2000.

ANEXO:

**PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO
SERES HUMANOS**