

Espessura e excursão diafragmática em recém-nascidos usando ultrassonografia cinesiológica do diafragma: um estudo observacional

Diaphragmatic and excursion thickness in newborns using diaphragmatic kinesiology ultrasound: an observational study

Marimar Goretti Andreazza ^{*}
Cristiane Nogueira Binotto 
Regina P. G. Vieira Cavalcante da Silva 
Sílvia Valderramas 
Monica Nunes Lima 

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil

Data da primeira submissão: Fevereiro 26, 2023

Última revisão: Dezembro 14, 2023

Aceito: Dezembro 20, 2023

***Correspondência:** marimar.andreazza@hc.ufpr.br

Resumo

Introdução: O estudo do músculo diafragma tem despertado o interesse dos fisioterapeutas que trabalham com ultrassonografia cinesiológica. Ainda pouco explorado, contudo, seus achados podem contribuir para a prática clínica dos pacientes internados em unidades de terapia intensiva neonatal (UTIN). **Objetivo:** Mensurar a excursão e o espessamento diafragmático e descrever as medidas entre recém-nascidos prematuros e a termo. **Métodos:** Realizou-se ultrassonografia cinesiológica diafragmática em recém-nascidos internados em UTIN, posicionados em supino em seu próprio leito, no sexto dia de vida. Foram realizadas três medidas repetidas do mesmo ciclo respiratório, tanto da excursão quanto do espessamento diafragmático. **Resultados:** Participaram do estudo 37 recém-nascidos, dos quais 25 eram prematuros. O peso no momento da coleta foi de $2.307,0 \pm 672,76$ gramas e a idade gestacional foi de $35,7 \pm 3,3$ semanas. A excursão diafragmática aumentou de acordo com o aumento da idade gestacional ($p = 0,01$; $df = 0,21$). A espessura variou entre 0,10 e 0,16 cm durante a inspiração nos prematuros e entre 0,11 e 0,19 cm nos nascidos a termo ($p = 0,17$; $df = 0,35$). **Conclusão:** Houve correlação positiva entre a excursão diafragmática e a idade gestacional. Não observou-se diferença estatisticamente significativa das medidas de excursão e de espessamento diafragmático inspiratório entre recém-nascidos prematuros e recém-nascidos a termo, embora apontando para maiores medidas neste último grupo.

Palavras-chave: Diafragma. Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. Recém-nascido. Fisioterapia. Ultrassonografia.

Abstract

Introduction: The study of the diaphragm muscle has aroused the interest of physiotherapists who work with kinesiological ultrasonography, but still little explored; however, its findings can contribute to the clinical practice of hospitalized patients in neonatal intensive care units. **Objective:** To measure the excursion and thickening of the diaphragm and describe measurements among neonates, preterm, and full-term. **Methods:** Diaphragmatic kinesiological ultrasonography was performed on hospitalized newborns, in Neonatal Unit Care Unit, placed in supine position in their own bed, on the sixth day of life. Three repeated measurements of the same respiratory cycle were made, both for excursion and for diaphragmatic thickening. **Results:** Thirty-seven newborns participated in the study and 25 were premature. The mean weight at the time of collection was $2,307.0 \pm 672.76$ grams and the gestational age was 35.7 ± 3.3 weeks. Diaphragmatic excursion increased with increasing gestational age ($p = 0.01$, $df = 0.21$) in term infants ($p = 0.17$, $df = 0.35$). **Conclusion:** There was a positive correlation between diaphragmatic excursion and gestational age. There was no statistically significant difference in the measurements of excursion and inspiratory diaphragm thickening between preterm and term newborns, although pointing to higher measurements in the latter group.

Keywords: Diaphragm. Neonatal Intensive Care Unit. Newborn. Physiotherapy. Ultrasonography.

Introdução

A funcionalidade do diafragma está relacionada aos volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório.¹ Os recém-nascidos prematuros apresentam características anatômicas e fisiológicas distintas em comparação aos bebês nascidos a termo e aos lactentes.² Em relação à anatomia, quando comparados com adultos, o tórax de recém-nascidos prematuros apresenta uma forma mais arredondada, pois o diâmetro anteroposterior e transversal tem dimensões similares, resultando em um tórax com formato cilíndrico, com menor capacidade de expansão. Consequentemente, as costelas são horizontalizadas e os músculos intercostais são mais fracos, o que dificulta o trabalho muscular.³ Essa constituição anatômica faz com que o diafragma neonatal seja morfologicamente achatado e fixado à parede do tórax em um ângulo maior, resul-

tando em uma menor área de aposição e amplitude de deslocamento do diafragma, o que reduz a capacidade de gerar força durante o processo respiratório. Essa limitação mecânica pode levar a distorções durante o trabalho respiratório do recém-nascido prematuro.³

O diafragma, como principal músculo da respiração, é alvo de tratamentos fisioterapêuticos, uma vez que sua contração muscular amplia a caixa torácica durante a inspiração e promove o aumento dos volumes pulmonares mobilizados.^{4,5} Para avaliar o diafragma, algumas técnicas podem ser utilizadas além da ultrassonografia, como a ressonância nuclear magnética e a tomografia computadorizada.⁶

Inicialmente, as avaliações diafragmáticas por ultrassonografia foram desenvolvidas para a população adulta e foram adaptadas para recém-nascidos.⁷ É uma técnica não invasiva, livre de radiação, que pode ser utilizada por fisioterapeutas,⁸ de fácil utilização à beira do leito, fornecendo informações do funcionamento da bomba muscular respiratória.^{3,9} A ultrassonografia com doppler colorido permite avaliar a excursão e o encurtamento deste músculo, e esta avaliação da funcionalidade está relacionada aos volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório.^{1,10} Em crianças, a avaliação diafragmática apresentou correlação positiva com a pressão inspiratória máxima.¹¹

Enquanto na população adulta¹² e pediátrica¹³ os valores da espessura e excursão, medidos por ultrassonografia cinesiológica diafragmática, são bem conhecidos e fornecem para a equipe subsídios que norteiam os processos de desmame e extubação,¹⁴⁻¹⁷ na população neonatal, com características fisiológicas específicas e variáveis conforme a idade gestacional, estes valores estão ainda sendo investigados.^{18,19}

Estabelecer valores relacionados à mobilidade e encurtamento diafragmático na população neonatal para facilitar tomadas de decisão ainda é um desafio.¹⁸ Desta forma, o objetivo deste estudo é avaliar a excursão e o espessamento diafragmático em recém-nascidos a termo e prematuros.

Métodos

Trata-se de um estudo observacional transversal, conduzido em uma Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN) terciária no sul do Brasil, no período de junho a agosto de 2021. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Complexo Hospital de Clínicas da Universidade

Federal do Paraná, número 36202920.2.0000.0096) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (protocolo RBR-6vnftw).

A amostragem, realizada por conveniência, foi estimada considerando erro do tipo I de 5%, erro do tipo II de 15%, três níveis, calculando o tamanho do efeito de 0,25 mm, indicando amostra mínima de 10 casos em cada grupo. Foram incluídos todos os recém-nascidos clinicamente estáveis, no sexto dia de vida, em ar ambiente ou recebendo modalidades de oxigênio suplementar não invasivo (cateter nasal). Foram excluídos aqueles com malformação do sistema nervoso central, em isolamento respiratório, com drenos torácicos ou cirurgias torácicas ou abdominais, hemorragia pulmonar, hérnia diafragmática, hipertensão pulmonar grave, pneumotórax não drenado, plaquetopenia, onfalocelose ou gastrosquise ainda não corrigidas. Foram coletados dados demográficos (idade gestacional, sexo e peso ao nascimento) e antropométricos (medidas de comprimento e circunferência cefálica, torácica e abdominal).

Para a realização da ultrassonografia diafragmática, os recém-nascidos foram colocados em decúbito dorsal em sua própria incubadora, com a cabeça posicionada em linha média. Utilizou-se o equipamento SonoSite M-turbo® (Gorham St., Canadá), com transdutor de 5 MHz para a avaliação das excursões diafragmáticas e transdutor de 10 MHz para a medida da espessura diafragmática. O transdutor foi direcionado medialmente cefálico, de modo a manter o feixe de ultrassom perpendicularmente ao terço posterior do hemidiafragma direito, na região subcostal. O modo 2D foi usado para visualizar e obter a melhor abordagem, com o fígado servindo como uma janela acústica à direita, para selecionar a linha de exploração. O modo M foi usado para exibir e medir a amplitude da excursão diafragmática craniocaudal durante a inspiração e expiração. Para a medida da espessura do diafragma, o transdutor foi posicionado na linha axilar, na zona de aposição do diafragma, entre o 8° e 11° espaço intercostal (Figura 1). Os valores de três ciclos respiratórios consecutivos foram registrados.^{9,20,21} Os valores de excursão e espessamento são dados em centímetros.

Todos os exames foram realizados em recém-nascidos eúpicos após uma hora da alimentação, com monitorização dos dados vitais. As avaliações foram sempre realizadas pelo fisioterapeuta pesquisador, que foi previamente treinado, acompanhado pelo orientador cardiologista.

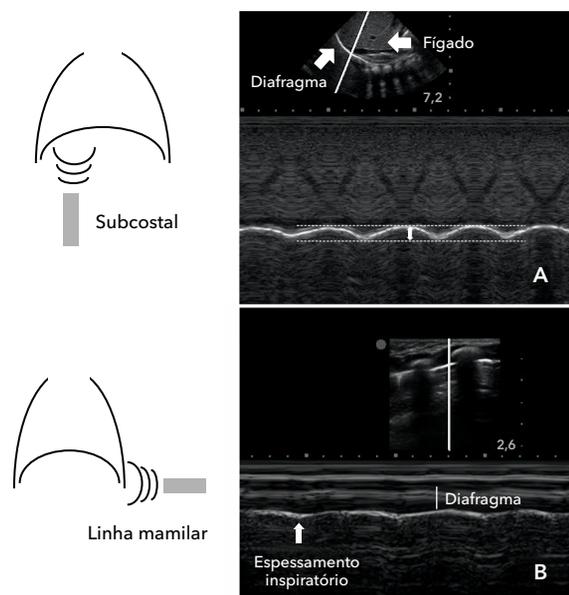


Figura 1 - Posição do transdutor e imagens obtidas da excursão (A) e da espessura (B) do diafragma.

Análise estatística

As variáveis contínuas estão apresentadas como média aritmética e desvio padrão para aquelas de distribuição normal, e mediana e intervalo interquartil (25-75%) para as de distribuição assimétrica. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade da distribuição. As variáveis categóricas estão apresentadas em frequência absoluta e relativa. Para obter a média das medidas mais ajustadas, as três medidas do diafragma foram avaliadas quanto às suas diferenças pelo método de Bland-Altman (que avalia o grau de diferença e de concordância entre as medidas), teste t para uma amostra (que verifica se as diferenças entre as medidas são diferentes de zero) e coeficiente de concordância de Lin (que verifica a reprodutibilidade das medidas, com o valor de 1 indicando concordância máxima). A decisão de quais medidas utilizar para calcular a média foi tomada com base nas três avaliações, com prioridade para o coeficiente de concordância de Lin.²²

O teste t Student foi aplicado para estimar possíveis diferenças entre variáveis contínuas de distribuição simétrica, enquanto para as de distribuição assimétrica foram aplicados o teste de Mann-Whitney e Anova de Kruskal-Wallis com teste post-hoc de Wilcoxon. As variáveis categóricas foram estudadas pelos testes exato de Fisher e qui-quadrado de Pearson na dependência das

tabelas de contingência. A correlação de Spearman foi utilizada para avaliar a associação entre as medidas diafragmáticas e a idade gestacional. Para todos os testes considerou-se nível de significância de 5% (StatSoft Power Solutions®, Inc., Palo Alto, California, EUA).

Resultados

Constituíram a amostra do estudo 37 recém-nascidos, sendo 25 prematuros e 12 nascidos a termo. A distribuição da idade gestacional, sexo, peso e a relação entre peso e altura em cada grupo estão descritas na Tabela 1. Os recém-nascidos internados que participaram do estudo tinham como diagnóstico clínico síndrome do desconforto respiratório do recém-nascido, apneia e taquipneia transitória do recém-nascido. A idade materna foi semelhante em ambos os grupos, tendo média de $29,4 \pm 6,8$ no grupo de prematuros e de $29,7 \pm 7,9$ entre os recém-nascidos a termo ($p = 0,92$).

A Figura 2 ilustra a correlação entre a idade gestacional no momento do exame ultrassonográfico e a excursão diafragmática ($r = 0,43$). Este coeficiente de correlação foi ainda mais expressivo quando foram estudados somente os recém-nascidos do sexo feminino ($r = 0,57$). Correlação positiva semelhante foi observada entre a excursão diafragmática e as medidas de peso de nascimento ($r = 0,42$), perímetro cefálico ($r = 0,51$), perímetro torácico ($r = 0,41$), perímetro abdominal ($r = 0,45$) e comprimento ($r = 0,46$).

Quando os recém-nascidos foram estratificados conforme a idade gestacional corrigida no momento do exame ultrassonográfico (<34 semanas, >34<37 semanas e >37 semanas), observou-se maior excursão diafragmática quanto maior a categoria de idade gestacional (Tabela 2).

Observou-se maior espessamento diafragmático na inspiração, comparada à expiração, tanto em recém-nascidos prematuros quanto em recém-nascidos a termo ($p < 0,001$) (Figura 3).

Tabela 1 - Características dos recém-nascidos participantes do estudo

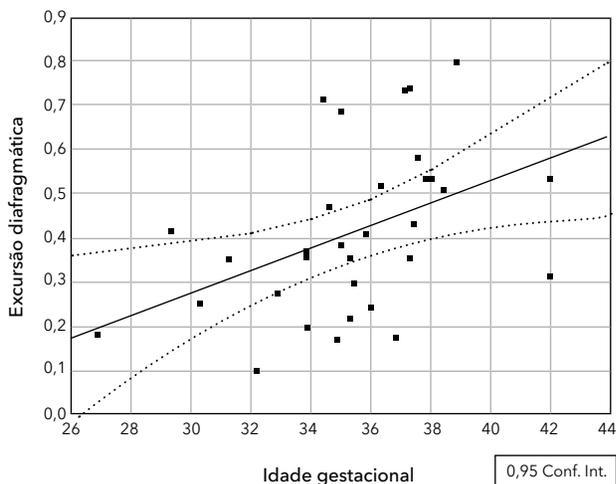
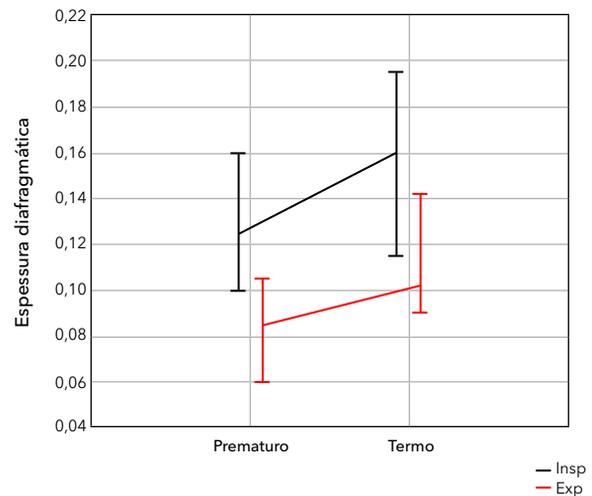
Características	Recém-nascidos pré-termo (n = 25)	Recém-nascidos a termo (n = 12)	p
Sexo n (%)			
Masculino	12 (48)	6 (50)	1,000 ²
Feminino	13 (52)	6 (50)	
Idade gestacional ao nascimento	34 ± 2	38 ± 2	< 0,001 ¹
Idade gestacional na coleta	34 ± 3	39 ± 2	< 0,001 ¹
Peso ao nascimento	2088,2 ± 565,3	3141,1 ± 277,2	< 0,001 ¹
Peso na coleta	1943,0 ± 482,9	3035,0 ± 291,9	< 0,001 ¹
Peso/Altura n (%)			
Adequado para idade gestacional	21 (84,0)	11 (91,7)	0,250 ³
Grande para idade gestacional	3 (12,0)	0 (0,0)	
Pequeno para idade gestacional	1 (4,0)	1 (8,3)	
Comprimento (cm)	42,6 ± 4,0	48,0 ± 1,5	< 0,001 ¹
Perímetro cefálico (cm)	30,9 ± 2,7	34,2 ± 1,8	< 0,001 ¹
Perímetro torácico (cm)	27,6 ± 3,2	32,9 ± 1,6	< 0,001 ¹
Perímetro abdominal (cm)	25,6 ± 3,0	31,9 ± 2,8	< 0,001 ¹

Nota: ¹Teste t de Student; ²Teste exato de Fisher; ³Teste qui-quadrado de Pearson. Dados expressos em média (desvio padrão), exceto para sexo e relação peso/altura, expressos em frequência absoluta e relativa.

Tabela 2 - Medidas de excursão e espessamento do diafragma de acordo com as categorias de idade gestacional

Medidas	< 34 semanas (n = 10)	> 34 < 37 semanas (n = 13)	> 37 semanas (n = 14)	p
Excursão diafragmática	0,30 (0,20-0,36)	0,35 (0,22-0,47)	0,52 (0,38-0,58)	0,01
Espessamento diafragmático (I)	0,11 (0,05-0,16)	0,12 (0,12-0,15)	0,16 (0,10-0,21)	0,23
Espessamento diafragmático (E)	0,07 (0,05-0,11)	0,08 (0,07-0,09)	0,11 (0,09-0,14)	0,09

Nota: Anova de Kruskal-Wallis. *Effect size*: Excursão diafragmática = 0,21; espessamento diafragmático na inspiração (I) = 0,02 e na expiração (E) = 0,07.

**Figura 2** - Correlação entre a medida de excursão diafragmática (mm) e a idade gestacional ao exame ultrassonográfico.**Figura 3** - Espessamento diafragmático (mm) na inspiração e expiração de acordo com os grupos de recém-nascidos prematuros e a termo.

Discussão

O exame de ultrassonografia diafragmática indicou maior excursão diafragmática na inspiração independentemente da idade gestacional, aumentando de modo diretamente proporcional com a idade gestacional, com maior força de associação no sexo feminino.

As medidas da excursão e espessura diafragmática à beira-leito possibilitam a avaliação da carga de trabalho no sistema respiratório e auxiliam o diagnóstico de parências e fraquezas musculares.²³ A espessura do hemidiafragma direito também está relacionada com o grau de ativação contrátil do músculo durante a ventilação, de modo que esta técnica pode ser utilizada na população adulta para avaliar a atrofia do diafragma.²⁴

Rehan e McCool¹⁸ mensuraram o diafragma em um grupo de 34 recém-nascidos prematuros e observaram maior espessura do diafragma conforme as maiores

medidas de peso, perímetro cefálico e comprimento dos recém-nascidos, sem associação, entretanto, com a idade gestacional. No presente estudo, observou-se correlação entre as medidas corporais e a excursão diafragmática, mas sem diferença no espessamento diafragmático entre recém-nascidos prematuros e a termo. Alonso-Ojembarrena e Oulego-Eroz²⁵ também observaram maior espessura do diafragma em recém-nascidos a termo, sem diferença na fração de encurtamento na comparação com recém-nascidos prematuros.

Não há dúvida de que a ultrassonografia diafragmática pode ser uma ferramenta útil para avaliar a função diafragmática, tendo inúmeras vantagens sobre outras técnicas (não é invasiva, não emprega radiação ionizante, é reprodutível, de fácil aplicação, de baixo custo e aplicável a diferentes contextos clínicos⁷), entretanto, ainda não faz parte do arsenal de investigação e de apoio terapêutico na prática diária.

Algumas das razões para isso incluem a falta de reconhecimento do comprometimento diafragmático em muitas situações clínicas e a falta de domínio técnico. A curva de aprendizado no treinamento com ultrassonografia diafragmática é acentuada, indicando que médicos e fisioterapeutas devidamente treinados e dedicados à assistência clínica podem obter domínio e boa acurácia na avaliação ultrassonográfica do diafragma.²⁶

Nos EUA, desde 1980 os fisioterapeutas utilizam a ultrassonografia para pesquisas e práticas clínicas que envolvam tecidos musculares, tendões e ligamentos.²⁷ No Brasil, os órgãos reguladores passaram a permitir que fisioterapeutas operem equipamentos de ultrassonografia com a finalidade de pesquisa, bem como de estabelecer diagnósticos funcionais para orientar o tratamento e prognóstico fisioterapêutico, a partir de 2021.⁷

A ultrassonografia torácica, com a finalidade de avaliação pulmonar e/ou diafragmática, pode ser um grande fator de avanço na assistência respiratória.²⁷ A ultrassonografia é, sem dúvida, um exame com componente avaliador-dependente, que necessita de aprendizagem direcionada,²⁸ mas cujo treinamento, com algoritmos validados de tomadas de decisão,²⁹ pode torná-la um complemento valioso para avaliar e nortear o tratamento mais eficaz ao recém-nascido prematuro internado em terapia intensiva,¹⁹ pois sabe-se que a funcionalidade do diafragma está relacionada diretamente com os volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório.¹

Em indivíduos adultos saudáveis, a avaliação da função e força de contração do diafragma realizada por fisioterapeutas indica que existe boa correlação entre a função do diafragma, amplitude de excursão e espessamento, com a força testada por meio da espirometria.^{30,31} O presente estudo é mais uma contribuição para o melhor entendimento das medidas do diafragma em recém-nascidos em terapia intensiva. O erro do tipo II, em função do tamanho da amostra, especialmente nas análises realizadas de acordo com as categorias de idade gestacional, consiste em uma limitação na interpretação dos resultados obtidos. Assim, embora não tenha sido encontrada diferença estatisticamente significativa entre recém-nascidos prematuros e a termo, os valores de *p* entre 0,08 e 0,17, localizados na área considerada por muitos como de incerteza estatística,³² apontam para maiores valores entre os recém-nascidos a termo e indicam

que mais estudos devem ser realizados para definir valores de referência das dimensões diafragmáticas em recém-nascidos.

Conclusão

Houve correlação positiva entre a excursão diafragmática e a idade gestacional, além de correlação positiva também associada às medidas corporais de peso ao nascimento, comprimento, perímetro cefálico, torácico e abdominal, sugerindo que as dimensões diafragmáticas acompanham o crescimento. Não observou-se diferença estatisticamente significativa das medidas de excursão e de espessamento diafragmático inspiratório e expiratório entre recém-nascidos prematuros e a termo, porém apontando para maiores medidas neste último grupo.

Contribuição dos autores

MGA, SV e MNL ficaram responsáveis pela pesquisa bibliográfica e coleta de dados, os quais foram analisados por MNL. Todas as autoras participaram do desenho do estudo e MGA, CNB, RPGVCS e MNL, da preparação do manuscrito. Todas as autoras revisaram o manuscrito e aprovaram a versão final.

Referências

1. Olive Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, Langiano N, Zangrillo A, Bove T. Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature review. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(9):2525-36. [Link de acesso](#)
2. Baguma-Nibasheka M, Gugic D, Saraga-Babic M, Kablar B. Role of skeletal muscle in lung development. *Histol Histopathol.* 2012;27(7):817-26. [Link de acesso](#)
3. Dassios T, Vervenioti A, Dimitriou G. Respiratory muscle function in the newborn: a narrative review. *Pediatr Res.* 2022; 91(4):795-803. [DOI](#)
4. Shetty N, Samuel SR, Alaparathi GK, Amaravadi SK, Joshua AM, Pai S. Comparison of diaphragmatic breathing exercises, volume, and flow-oriented incentive spirometry on respiratory function in stroke subjects: a non-randomized study. *Ann Neurosci.* 2020;27(3-4):232-41. [DOI](#)

5. De Troyer A. Respiratory effect of the lower rib displacement produced by the diaphragm. *J Appl Physiol* (1985). 2012;112(4): 529-34. [DOI](#)
6. Silva PE, Carvalho KL, Melo L, Vieira L. Ultrassonografia musculoesquelética – Bases teóricas para avaliação da arquitetura muscular em pacientes criticamente enfermos. *Profisio*. 2018;ciclo8(vol 4):73-120. [Link de acesso](#)
7. Boussuges A, Rives S, Finance J, Brégeon F. Assessment of diaphragmatic function by ultrasonography: Current approach and perspectives. *World J Clin Cases*. 2020;8(12):2408-24. [DOI](#)
8. Brasil. Liminar Justiça Federal. Seção Judiciária do Distrito Federal. 2021 [acesso 29 jul 2023]. Disponível em: <http://tinyurl.com/yc7sybmy>
9. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients-a narrative review. *Intensive Care Med*. 2020; 46(4):594-605. [DOI](#)
10. Rea G, Sperandeo M, Di Serafino M, Vallone G, Tomà P. Neonatal and pediatric thoracic ultrasonography. *J Ultrasound*. 2019;22(2):121-30. [DOI](#)
11. Ho S, Rock K, Addison O, Marchese V. Relationships between diaphragm ultrasound, spirometry, and respiratory mouth pressures in children. *Respir Physiol Neurobiol*. 2022; 305:103950. [DOI](#)
12. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2017;152(6):1140-50. [DOI](#)
13. Xue Y, Zhang Z, Sheng CQ, Li YM, Jia FY. The predictive value of diaphragm ultrasound for weaning outcomes in critically ill children. *BMC Pulm Med*. 2019;19(1):270. [DOI](#)
14. Sklar MC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill adults. *JAMA Netw Open*. 2020; 3(2): e1921520. [DOI](#)
15. Duyndam A, Smit J, Houmes RJ, Heunks L, Molinger J, IJland M, et al. No association between thickening fraction of the diaphragm and extubation success in ventilated children. *Front Pediatr*. 2023;11:1147309. [DOI](#)
16. Parada-Gereda HM, Tibaduiza AL, Rico-Mendoza A, Molano-Franco D, Nieto VH, Arias-Ortiz WA, et al. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27(1):174. [DOI](#)
17. Valverde Montoro D, García Soler P, Hernández Yuste A, Camacho Alonso JM. Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in mechanically ventilated pediatric patients. *Paediatr Respir Rev*. 2021;40:58-64. [DOI](#)
18. Rehan VK, McCool FD. Diaphragm dimensions of the healthy term infant. *Acta Paediatr*. 2003;92(9):1062-7. [DOI](#)
19. Kurepa D, Zaghoul N, Watkins L, Liu J. Neonatal lung ultrasound exam guidelines. *J Perinatol*. 2018;38(1):11-22. [DOI](#)
20. Lippi IS, Mendes JT, Orsini M, Costa CA, Tavares SG, Trajano ETL, et al. Ultrassonografia diafragmática como ferramenta de avaliação no desmame da ventilação mecânica Diaphragmatic ultrasound as assessment tool for mechanical ventilation weaning. *Fisioter Bras*. 2019;20(4):570-7. [Link de acesso](#)
21. Zeitoune R, Koifman ACB, Fong MS, Mogami R. Ultrasound evaluation of diaphragmatic dysfunction. *Radiol Bras*. 2017; 50(6):410-1. [DOI](#)
22. Altman DG. *Practical statistics for medical research*. 1 ed. New York: Chapman and Hall/CRC; 1990. 624 p. [Link de acesso](#)
23. El-Mogy M, El-Halaby H, Attia G, Abdel-Hady H. Comparative study of the effects of continuous positive airway pressure and nasal high-flow therapy on diaphragmatic dimensions in preterm infants. *Am J Perinatol*. 2018;35(5):448-54. [DOI](#)
24. Roussos C, Macklem PT. The respiratory muscles. *N Engl J Med*. 1982;307(13):786-97. [DOI](#)
25. Alonso-Ojembarrena A, Oulego-Eroz I. How to improve precision and reliability of diaphragm ultrasonographic measurements in newborns. *Eur J Pediatr*. 2021;180(4):1323-4. [DOI](#)

26. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Ultrassonografia diafragmática : uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. *J Bras Pneumol*. 2020; 46(6):e20200064. DOI
27. Smith M, Hayward S, Innes S. A proposed framework for point of care lung ultrasound by respiratory physiotherapists: scope of practice, education and governance. *Ultrasound J*. 2022;14(1):24. DOI
28. Fadel NB, Pulgar L, Khurshid F. Point of care ultrasound (POCUS) in Canadian neonatal intensive care units (NICUs): where are we? *J Ultrasound*. 2019;22(2):201-6. DOI
29. Hayward S, Duncan C. Physiotherapists use of lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. A practical guideline on supporting acute hospital colleagues. *Plus Physiotherapy Lung Ultrasound*; 2020 [acesso 14 ago 2023]. Disponível em: <http://tinyurl.com/4xxnfk64>
30. Cardenas LZ, Santana PV, Caruso P, Carvalho CRR, Albuquerque ALP. Diaphragmatic ultrasound correlates with inspiratory muscle strength and pulmonary function in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2018;44(4):786-93. DOI
31. Di Polito A, Del Vecchio A, Tana M, Papacci P, Vento AL, Campagnola B, et al. Effects of early respiratory physiotherapy on spontaneous respiratory activity of preterm infants: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2021;22(1):492. DOI
32. Greenland S, Senn SJ, Rothman KJ, Carlin JB, Poole C, Goodman SN, et al. Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *Eur J Epidemiol*. 2016;31(4):337-50. DOI