

Uso da ultrassonografia diafragmática como ferramenta no desmame ventilatório: revisão integrativa

Use of diaphragmatic ultrasonography as a tool in ventilatory weaning: integrative review

Paola alves fernandes¹, hermenegildo calças neto², karla Luciana Magnani Seike³.

¹ Fisioterapeuta Residente, PREMUS-ACP do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian – HUMAP/UFMS.

² Supervisor Fisioterapeuta PREMUS-ACP do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian – HUMAP/UFMS.

³ Professora Fisioterapeuta, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul -UFMS



<http://www.seer.ufms.br/index.php/pecibes/index>

*Autor correspondente:
Hermenegildo Calças Neto,
Hospital Universitário Maria
Aparecida Pedrossian -
HUMAP.
E-mail do autor:
hermenegildo.neto@ebserh.gov.br

Palavras-chave:
Ventilação mecânica
invasiva. Desmame.
Ultrassom
diafragmático.
Respiração artificial.
Índices preditivos.

*Key-words: Invasive
mechanical ventilatio.
Weaning .
Diaphragmatic
ultrasoun. Artificial
respiration. Predictive
indices*

Resumo

O paciente crítico deve ter o desmame ventilatório iniciado assim que possível e ser submetido ao teste de respiração espontânea (TRE), com objetivo de prevenir complicações advindas da ventilação mecânica prolongada. A ultrassonografia é uma técnica que possui várias vantagens dentro do ambiente hospitalar, com alta reprodutibilidade, indolor, não invasivo e realizado a beira-leito. Para tanto, o objetivo desse estudo foi pesquisar as evidências científicas do uso da ultrassonografia diafragmática no desmame ventilatório de pacientes críticos. Através de uma revisão integrativa de literatura, utilizando critérios de elegibilidade que respondiam a seguinte questão: Como a ultrassonografia pulmonar pode contribuir no desmame ventilatório? As principais variáveis encontradas foram: fração de espessamento diafragmático, excursão diafragmática, velocidade de contração e aeração pulmonar. A avaliação realizada com o uso do US apresenta excelente acurácia para prever o desfecho no desmame ventilatório, atribuindo maior segurança neste processo, principalmente quando somado à avaliação de índices preditivos tradicionais.

Abstract

Critically ill patients should be weaned from ventilation as soon as possible and be submitted to a spontaneous breathing test (SBT), in order to prevent complications from prolonged mechanical ventilation. Ultrasonography is a technique that has several advantages within the hospital environment, with high reproducibility, painless, non-invasive and performed at the bedside. Therefore, the objective of this study was to research the scientific evidence of the use of diaphragmatic ultrasonography in weaning from ventilation in critically ill patients. Through an integrative literature review, using eligibility criteria that answered the following question: How can lung ultrasound contribute to weaning from ventilation? The main variables found were: diaphragm thickening fraction, diaphragmatic excursion, contraction velocity and pulmonary aeration. The evaluation performed with the use of US has excellent accuracy in predicting the outcome in weaning from ventilation, attributing greater safety in this process, especially when added to the evaluation of traditional predictive indices.

1. Introdução

A ventilação mecânica invasiva (VMI) constitui suporte avançado de vida de extrema importância dentro das unidades de terapia intensiva (UTI) como pilar no tratamento de insuficiência respiratória aguda ou crônica agudizada (HOLANDA; VASCONCELOS, 2018), através de tubo endotraqueal ou cânula de traqueostomia para garantir adequada troca gasosa, promover repouso da musculatura respiratória e homeostase satisfatória até que o evento que causou a necessidade de instituir tal procedimento esteja tratado ou controlado (DIRETRIZES BRASILEIRAS DE VM, 2013).

O suporte ventilatório deve ser instituído no tempo adequado, de maneira segura e garantindo proteção pulmonar, com um dos principais objetivos de evitar lesão induzida pela ventilação mecânica, através da monitorização e avaliação adequada quanto a sub ou super assistência, além de ajustes finos que evitem o surgimento de assincronias paciente- ventilador uma vez que gera efeitos deletérios, aumenta morbidade e mortalidade em pacientes críticos (RECOMENDAÇÕES BRASILEIRAS, 2013; ROCCO *et al.*, 2007).

O paciente crítico deve ter o desmame ventilatório iniciado assim que possível e ser submetido ao teste de respiração espontânea (TRE), com o objetivo de prevenir complicações advindas da ventilação mecânica prolongada, como pneumonia associada à ventilação mecânica, polineuropatia do paciente crítico, disfunção diafragmática, traumatismo de vias aéreas, entre outros (BARBAS; NEMER, 2011).

Os estudos científicos mostram que cerca de 40% do tempo total de ventilação mecânica é utilizado somente para o desmame e que ainda assim 20% dos pacientes evoluem para falha no primeiro TRE (ESKANDAR; APOSTOLAKOS, 2007). Para tanto, somado a avaliação clínica e busca diária ao paciente apto para tal situação, coexistem os índices preditores/previsores para subsidiar com maior precisão um prognóstico de sucesso ou falha (ESKANDAR; APOSTOLAKOS, 2007; ELY *et al.*, 199; OKAMOTO *et al.*, 2007). Atualmente, sabe-se que índices

integrativos são mais fidedignos quando comparados a parâmetros isolados. Existem algumas avaliações que são de utilização/ utilizados corriqueira/clínica/rotina dentro de diversas UTI mundialmente, dentre eles destacam-se: Índice de respiração rápida e superficial (IRRS), apesar de ser considerado de baixa acurácia, a pressão de oclusão de vias aéreas no primeiros 100ms (P01), pressão inspiratória máxima (PiMáx), relação P01/PiMáx e Integrative weaning index (IWI). (NEMER; BARBAS, 2011).

O uso da ultrassonografia para avaliação de aeração pulmonar e função diafragmática é uma técnica que possui várias vantagens dentro do ambiente hospitalar, tanto pela ampla disponibilidade do aparelho em instituições médicas, quanto pela fácil aplicação, por não expor o paciente a radiação ionizante, é realizado a beira do leito em pouco tempo, possui alta reprodutibilidade e é um método não-invasivo (SANTANA *et al.*, 2020).

Neste contexto, surge outra ferramenta com possibilidade de avaliação clínica a beira-leito para o fisioterapeuta intensivista: o uso do equipamento de ultrassonografia para avaliação pulmonar, através de variáveis que podem ter boa acurácia para predizer sucesso no desmame da ventilação mecânica, como por exemplo o cálculo da fração de espessura do diafragma (DTF) (LATOUR-PÉREZ; TENZA-LOZANO; LLAMAS-ÁLVAREZ, 2017; DININO *et al.*, 2014; FERRARI *et al.*, 2014). Portanto, visto a necessidade de instrumentos que tenham maior acurácia, alta sensibilidade e especificidade, a questão norteadora desta pesquisa está pautada na aplicabilidade desta ferramenta para contribuir no processo e tomada de decisão clínica.

2. Material e Métodos

O presente estudo tratar-se-á de uma revisão de literatura do tipo integrativa, sendo caracterizada pela seleção de artigos voltados a um tema específico e que possui seu delineamento pautado na identificação, análise e síntese dos resultados. Para isso, foram adotados seis passos para o

desenvolvimento do método, constituído por: elaboração da pergunta norteadora, busca ou amostragem na literatura, coleta de dados, análise crítica dos estudos incluídos discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Para iniciar a seleção dos artigos, a seguinte pergunta norteadora foi delimitada: Como a ultrassonografia pulmonar pode contribuir no desmame ventilatório? Por conseguinte, para responder ao questionamento da pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico em bases de dados eletrônica: USA National Library of Medicine (MEDLINE/PubMed), na biblioteca eletrônica Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

Os dados foram tabulados no *Microsoft Office Word* separados em quadros contendo as principais informações de cada estudo, como listado a seguir: título, ano de publicação e tipo de estudo, variáveis analisadas e conclusão.

2.1. Critérios de elegibilidade

Para constituir este estudo foram considerados para busca os artigos disponíveis na íntegra e escritos nos idiomas em português, inglês e espanhol, que foram publicados no período de 2012 até a data da busca eletrônica (janeiro de 2022), em pesquisas envolvendo pacientes críticos com idade superior a 18 anos, aptos para iniciar o desmame ventilatório. Além disso, a pesquisa utilizou como estratégia de investigação e, posterior, levantamento de dados a utilização dos seguintes Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): lung ultrasound AND weaning ventilation OR ultrassom pulmonar AND desmame ventilatório; diaphragmatic ultrasound AND predictive index OR ultrassom diafragmático AND índice preditivo. O fluxograma apresentando o processo de seleção, exclusão e elegibilidade encontra-se na Imagem 1.

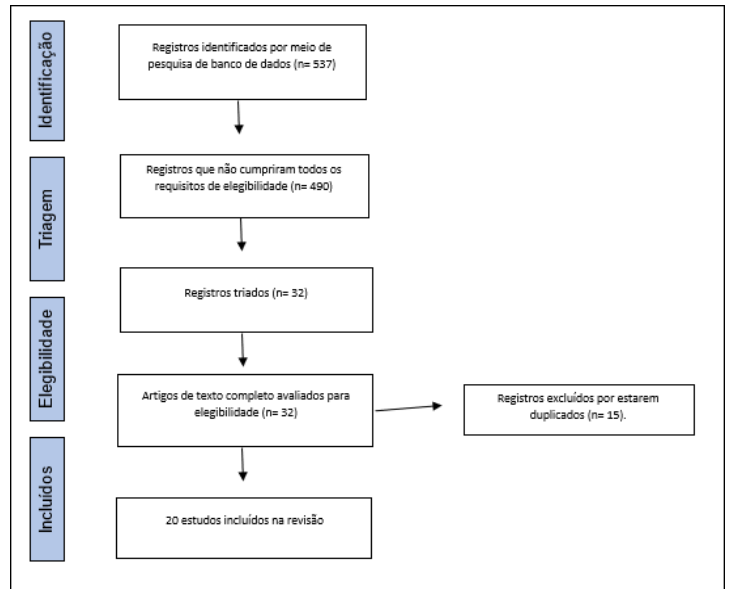


Imagem 1- Fluxograma de seleção dos artigos.

FONTE: Próprio autor.

2.2.1. Critérios de exclusão

Artigos que não englobavam a temática da questão proposta, que não estavam disponíveis de forma integral nas bases de dados supracitadas, relatos de casos, editoriais, revisões, metanálises, pesquisas que englobavam pacientes em neonatologia e pediatria, além de pesquisas publicadas, ou em outro idioma que não o português, inglês e espanhol.

3. Resultados

Foram encontrados através das palavras-chaves o total de 537 artigos, destes foram excluídos 490 por não cumprirem os requisitos de elegibilidade. Na etapa seguinte, foram excluídos 15 artigos que apresentavam-se duplicados. Ao final da seleção, 32 artigos foram selecionados para análise e 20 foram incluídos neste estudo.

Diante dos estudos analisados (n= 20), foi observado da utilização das seguintes variáveis ultrassonográficas: excursão diafragmática (n= 11), fração de espessamento diafragmático (n= 16), velocidade de contração diafragmática (n= 2), aeração pulmonar (n=7) e fração de espessamento do músculo paraesternal (n= 1). Na maioria dos estudos, as variáveis ultrassonográficas foram analisadas em comparação

ou em combinação com preditores tradicionais de desmame, como pressão inspiratória máxima, pressão expiratória máxima e índice de respiração rápida e superficial.

Na maioria dos estudos, as variáveis ultrassonográficas foram analisadas em comparação ou em combinação com preditores tradicionais de desmame, como pressão inspiratória máxima, pressão expiratória máxima e índice de respiração rápida e superficial (IRRS). Em relação ao método empregado para o TRE houve predomínio do Tubo-T (n= 10), seguido do modo por pressão de suporte (n= 9), CPAP (n= 1) e PEEP 0cmH20/ZEEP (n= 1).

4. Discussão

O paciente deve ser submetido ao teste de respiração espontânea assim que apresentar critérios clínicos favoráveis, que compreende a resolução ou controle da doença de base que resultou na necessidade de suporte ventilatório invasivo, adequada troca gasosa, estabilidade hemodinâmica e apresentando capacidade de respirar espontaneamente. Para tanto, somente a avaliação clínica não é o suficiente para garantir sucesso no desmame, sendo necessário somar a isto índices que quantificam as condições de mecânica respiratória, além da demanda e força muscular inspiratória, aumentando as chances de sucesso no desmame e extubação dos pacientes (NEMER; BARBAS, 2011).

A avaliação e identificação da disfunção do diafragma torna-se fundamental em pacientes aptos clinicamente para serem submetidos ao desmame, pois, evita a exposição destes às complicações associadas a falha, como maior tempo de ventilação mecânica invasiva, tempo prolongado de permanência na UTI e maior mortalidade, resultando em mau prognóstico nos pacientes críticos (MCCOOL; TZELEPIS, 2012), além de ser um dos fatores mais importantes responsáveis pelo desmame difícil.

Técnicas de avaliação da função do diafragma, como fluoroscopia, estimulação do nervo frênico, ressonância magnética dinâmica do diafragma e medida da pressão transdiafragmática são métodos considerados padrão-ouro, porém possuem limitações: exposição à radiação ionizante, baixa disponibilidade, invasividade e necessidade de

transporte do paciente (MATAMIS et al., 2013). Devido a essas limitações, a avaliação com a utilização de ultrassonografia tem sido considerada um método alternativo, simples e não invasivo para avaliação da atividade contrátil diafragmática 16, seja pela avaliação da excursão do diafragma (ExD) 31,37 ou espessura diafragmática (FARGHALY; HASAN, 2016).

Quando o paciente faz a transição entre A/C e TRE, a carga mecânica no diafragma aumenta, se a função ventilatória do paciente for capaz de superar o aumento da carga mecânica durante o TRE com contração e excursão preservadas do diafragma, o paciente tem maior probabilidade de obter sucesso na extubação. Inversamente, uma redução significativa da excursão do diafragma após a retirada do suporte de pressão positiva pode sugerir uma resposta inadequada do aparelho ventilatório ao aumento da carga mecânica e pode predizer insucesso no desmame (Palkar et al., 2018). O processo de desmame da ventilação mecânica é complexo, com taxa de falha estimada em cerca de 20%, possui natureza multifatorial e pode resultar em disfunção diafragmática e excesso de carga mecânica (Boles et al., 2007).

O estudo de Tenza-Lozano et al. (2018) utilizou o LUS score modificado (LUSm) combinado com a análise de fração de espessamento diafragmático para avaliar o risco de falha no desmame. Como resultados, os autores descrevem que valores do FED \leq 24% e LUSm \geq 7 pontos sugerem falha no desmame com área sob a curva ROC de 0.83.

Outra variável complementar aos índices já citados é a aeração pulmonar, que pode ser avaliada através da ultrassonografia em qualquer momento de VMI e durante teste de respiração espontânea para quantificar o líquido extravascular pulmonar e detectar a perda de aeração de maneira regional, com desrecrutamento pulmonar significativo em pacientes que evoluem com falha no desmame (ANTÔNIO et al., 2017).

Os estudos analisados encontraram que a presença de linhas-B pode indicar síndrome pulmonar intersticial (ANTÔNIO et al., 2017). Segundo os autores os pacientes

que evoluíram com falha no desmame e extubação exibiram elevação na predominância de linhas- B ao final do TRE. Desta forma, descrevem que é possível inferir que a perda de aeração pulmonar durante o TRE é sugestivo de disfunção cardiovascular induzida pelo desmame e aumento da quantidade de fluídos extravasculares.

O LUS score avalia o padrão de aeração de seis campos pulmonares em ambos os hemitórax, com pontuação calculada com a soma dos pontos, variando entre 0 e 36 e é considerado um bom preditor para detecção de falha no desmame, com ponto de corte maior ou igual a 15,5 com sensibilidade de 95% e especificidade de 80% (SOLIMAN *et al.*, 2019). Já em relação a predição de sucesso no desmame, Fahmy *et al.* (2020) encontraram que valores ≤ 12 pontos houve sensibilidade de 80% e especificidade de 78%.

Em relação a parâmetros tradicionais, a combinação de variáveis da FED maior ou igual a 26% e IRRS menor que 105 resp./min. resultou em acurácia de 88,2%, sensibilidade de 92% e especificidade de 77,8% para predizer sucesso no TRE, aumentando a especificidade do IRRS (PIROMPANICH; ROMSAIYUT, 2018). Apenas o estudo de Rittayamai *et al.* (2019), em avaliação seriada durante TRE demonstrou que a FED foi inferior ao IRRS para predizer sucesso ou falha.

Os valores para excursão diafragmática também estão bem definidos e apresentam boa acurácia, com ponto de corte > 10.5 mm para sucesso no desmame. Apenas o estudo de Yoo *et al.* (2018), realizado com pacientes de UTI geral e cirúrgica demonstrou maior acurácia para a excursão diafragmática em relação a FED para predizer sucesso na extubação, onde o grau de excursão ≥ 1 cm, resultou em sensibilidade de 80,9% e especificidade de 69,2% e grau de excursão $\geq 1,4$ cm com sensibilidade de 65,9% e especificidade de 84,6%.

Por fim, a variável com menor acurácia observada na presente pesquisa foi a velocidade de contração diafragmática. Ainda vale ressaltar a escassez de estudos científicos relacionados a esta variável quando comparado a outras medidas ultrassonográficas de função diafragmática

quanto aos valores de normalidade em voluntários saudáveis ou comparando a VCD em pacientes ventilados mecanicamente aptos para o desmame.

Palkar *et al.* (2018) não observaram alteração significativa na velocidade de contração diafragmática nas avaliações seriadas em modo A/C, durante o TRE e após extubação em 73 pacientes, resultando em baixa sensibilidade e especificidade.

Diante dos resultados apresentados nesta pesquisa sugere-se que a avaliação realizada com o uso do US (com destaque para as variáveis: fração de espessamento diafragmático e excursão diafragmática) é um recurso reprodutível, indolor, sem exposição à radiação e apresenta excelente acurácia para predizer o desfecho no desmame ventilatório, atribuindo maior segurança neste processo, principalmente quando somado à avaliação de índices preditivos tradicionais.

5. Referências

HOLANDA, M.A.; VASCONCELOS, R.S.; FERREIRA, J.C.; PINHEIRO, B.V. Assincronia paciente-ventilador. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. v. 4, n. 44, p. 321-333, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s18067562017000000185>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

BARBAS, C.S.V.; ÍSOLA, A.M.; FARIAS, A.M.C. *et al.* Diretrizes Brasileiras de ventilação mecânica- 2013. Associação de Medicina Intensiva Brasileira. São Paulo: AMIB, 2013. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

BARBAS, C.S.V.; ÍSOLA, A.M.; FARIAS, A.M.C.; CAVALCANTI, A.B. *et al.* Recomendações de ventilação mecânica- Parte I. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. v. 2, n. 26, p. 89-121, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20140017>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021

NARDELLI, L.M.; GARCIA, C.S.N.B.; PASSARO, C.P.; ROCCO, P.R.M. Entendendo os mecanismos determinantes da lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. v. 19, n. 4, p. 469-474, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2007000400011>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

NEMER, S.N.; BARBAS, C.S.V. Parâmetros preditivos para o desmame da ventilação mecânica. *Jornal Brasileiro de*

- Pneumologia. v. 5, n. 37, p. 669-679, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132011000500016>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- APOSTOLOKOS, M.J.; ESKANDAR, N. Weaning from mechanical ventilation. *Critical Care Clinics*. v. 2, n. 23, p. 263-274, 2007. DOI: 10.1016/j.ccc.2006.12.002. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- ELY, E.W.; BAKER, A.M.; DUNAGAN, D.P.; BURKE, H.L. *et al.* Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *New England Journal of Medicine*. v. 25, n. 335, p. 1864-1869, 1996. DOI: 10.1056/NEJM199612193352502. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- GOLDWASSER, R.; FARIAS, A.; FREITAS, E.E.; SADDY, F. *et al.* Desmame e interrupção da ventilação mecânica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. v. 3, n. 19, p. 384-392, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132007000800008>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- LIAMAS-ALVAREZ, A.M.; TENZA-LOZANO, E.M.; LATOUR-PEREZ, J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest*. v. 6, n. 152, p. 1140-1150, 2017. DOI: 10.1016/j.chest.2017.08.028. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- DININO, E.; GARTMAN, E.J.; SETHI, J.M.; MCCOOL, D. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Critical Care*. v. 5, n. 69, p. 423-427, 2014. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2013-204111. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- FERRARI, G.; FILIPPI, G.; ELIA, F.; PANERO, F. *et al.* Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. *Critical Ultrasound Journal*. v. 1, n.6, p. 8, 2014. DOI: 10.1186/2036-7902-6-8. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- SANTANA, P.V.; CARDENAS, L.Z.; ALBUQUERQUE, A.L.P.; CAVALHO, C.R.R.; CARUSO, P. Ultrassonografia diafragmática: uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. v. 6, n. 46, p. e20200064, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36416/1806-756/e20200064>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- DRES, M.; DUBE, B.P.; GOLIGHER, E.; VERONA, S. *et al.* Usefulness of Parasternal Intercostal Muscle Ultrasound during Weaning from Mechanical Ventilation. *Anesthesiology*. v. 5, n. 132, p. 1114-1125, 2020. DOI: 10.1097/ALN.0000000000003191. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- WHEBELL, S.; SANE, S.; NAIDU, S.; WHITE, H. Use of ultrasound to determine changes in diaphragm mechanics during a spontaneous breathing trial. *Journal Intensive Care Medicine*. v. 9, n. 36, p. 1044-1052. DOI: 10.1177/0885066620943164. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- ZHANG, X.; YUAN, J.; ZHAN, Y.; WU, J. *et al.* Evaluation of diaphragm ultrasound in predicting extubation outcome in mechanically ventilated patients with COPD. *Irish Journal of Medical Science*. V. 2, n. 189, p. 661-668, 2020. DOI: 10.1007/s11845-019-02117-1. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- ABDELHAFEEZ, R.S.; ABUMOSSALAM, A.M.; ARRAM, E.O.; ELSHAFFEY, M.M.; ABUSHEHATA, M.E. Diaphragm and weaning from mechanical ventilation: anticipation and outcome. *Egyptian Journal of Bronchology*. v. 13, n. 4, p. 489-497, 2019. DOI: 10.4103/ejb.ejb_13_19. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- FAHMY, H.; SAIED, M.; SAYED, I.; KINAWY, S. Value of integrated lung and diaphragm ultrasonography in predicting extubation outcomes from mechanical ventilation in patients with critical illness. *Journal of Anesthesia & Clinical Research*. v. 10, n. 9, p. 1-6, 2019. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- SPADARO, S.; GRASSO, S.; MAURI, T.; CORTE, F.D. *et al.* Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Critical Care*. v. 1, n. 20, p. 305-316, 2016. DOI: 10.1186/s13054-016-1479-y. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- SOLIMAN, S.B.; RAGAB, F.; SOLIMAN, R.A.; GABER, A.; KAMAL, A. Chest Ultrasound in Prediction of Weaning Failure. *Macedonian Journal of Medical Sciences*. v. 7, n. 7, p. 1143-1147, 2019. DOI: 10.3889/oamjms.2019.277. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- YOO, J.W.; LEE, S.J.; LEE, J.D.; KIM, H.C. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success. *Korean Journal of Internal Medicine*. v. 3, n. 34, p. 331-339, 2018. DOI: 10.3904/kjim.2016.152. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- LI, S.; CHEN, Z.; YAN, W. Application of bedside ultrasound in predicting the outcome of weaning from mechanical ventilation in elderly patients. *BMC Pulmonary Medicine*. 217, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01605-4>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.
- GOK, F.; MERCAN, A.; KILICASLAN, A.; SARKILAR, G. YOSUNKAYA, A. Diaphragm and lung ultrasonography during weaning from mechanical ventilation in critically ill patients.

Cureus. v. 5, n. 13, 2021. DOI: 10.7759/cureus.15057. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

PIROMPANICH, P.; ROMSAIYUT, S. Use of diaphragm thickening fraction combined with rapid shallow breathing index for predicting success of weaning from mechanical ventilator in medical patients. *Journal of Intensive Care*. v. 6, n. 6, 2018. DOI: 10.1186/s40560-018-0277-9. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

PALKAR, A.; MAYO, P.; SINGH, K.; KOENING, S. *et al.* Serial diaphragm ultrasonography to predict successful discontinuation of mechanical ventilation. *Critical Care*. v. 4, n. 196, p. 363-368, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00408-018-0106-x>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

RITTAYAMAI, N.; HEMVIMON, S.; CHIERAKUL, N. The evolution of diaphragm activity and function determined by ultrasound during spontaneous breathing trials. *Journal of Critical Care*. n. 51, p. 133-138, 2019. DOI: 10.1016/j.jcrc.2019.02.016. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

FOSSAT, G.; DAILLET, B.; DESMALLEES, E.; BOULIAN, T. Does diaphragm ultrasound improve the rapid shallow breathing index accuracy for predicting the success of weaning from mechanical ventilation? *Australian Critical Care*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2021.05.008>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

ABDELWAHED, W.M.; ELGHAFAR, M.S.A.; AMR, Y.M.; ALSHERIF, S.E.I.; ELTOMEY, M.A. Prospective study: Diaphragmatic thickness as a predictor index for weaning from mechanical ventilation. *Journal of Critical Care*. n. 52, p. 10-15, 2019. DOI: 10.1016/j.jcrc.2019.03.006. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

FARGHALY, S.; HASAN, A.A. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Australian Critical Care*. v. 1, n. 30, p. 37-43, 2017. DOI: 10.1016/j.aucc.2016.03.004. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

ELSHAZLY, M.I.; KAMEL, K.M.; ELKORASHY, R.I.; ISMAIL, M.S. *et al.* Role of bedside ultrasonography in assessment of diaphragm function as a predictor of success of weaning in mechanically ventilated patients. *Tuberculosis and respiratory diseases*. v. 4, n. 83, p. 295-302, 2020. DOI: 10.4046/trd.2020.0045. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

ANTONIO, A.C.P.; TEIXEIRA, C.; CASTRO, P.S.; SAVI, A. *et al.* Comportamento dos achados de ultrassonografia

pulmonar durante tentativa de respiração espontânea. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. v. 3, n. 29, p. 279-286, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20170038>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

MCCOOL, F.D.; TZELEPIS, G.E. Dysfunction of the diaphragm. *New England Journal of Medicine*. v. 10, n. 366, p. 932-942, 2012. DOI: 10.1056/NEJMra1007236. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

MATAMIS, D.; SOILEMEZI, E.; TSAGOURIAS, M.; AKOMIANAKI, E. *et al.* Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Medicine*. n. 39, p. 801-810, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-013-2823-1>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

MOWAFY, S.M.S.; ABDELGALEL, E.F. Diaphragmatic rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome from mechanical ventilation: Comparison with traditional rapid shallow breathing index. *Egyptian Journal of Anaesthesia*. v. 35, n. 1, p. 9-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egja.2018.10.003>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

BOLES, J.M.; BION, J.; CONNORS, A.; HERRIDGE, M. *et al.* Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*. v. 29, n. 5, p. 1033-1056, 2007. DOI: 0.1183/09031936.00010206. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.