



APLICAÇÃO DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR NO DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

André Matheus Carvalho Silva Leite, Pablo Henrique Marques, Letícia Camila Joris, Alberto Camarão de Sousa, Amanda Calazans Franco, Kevin de Castro Reis, Marcos Vinícius Borges Martins, Yuri Nunes Venancio, Sarha Feldberg Ritter, Vitória Pontes Páschoa



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n9p2011-2021>

Artigo recebido em 18 de Julho e publicado em 08 de Setembro de 2024

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

Este estudo realiza uma revisão integrativa para avaliar a aplicação da ultrassonografia diafragmática (UD) na previsão do sucesso do desmame da ventilação mecânica (VM). Utilizando a base de dados PubMed, foram selecionados 7 artigos relevantes publicados entre 2020 e 2024. A metodologia incluiu a busca com descritores específicos e a aplicação de filtros para garantir a qualidade dos estudos. A análise revelou que a UD, especialmente a mensuração da excursão diafragmática (DE) e da fração de espessamento diafragmático (DTF), apresenta boa precisão na previsão do sucesso do desmame. No entanto, variabilidades metodológicas e dependência do observador destacam a necessidade de mais pesquisas e padronização para otimizar a utilização da UD na prática clínica.

Palavras-chave: Ultrassonografia Diafragmática; Desmame da Ventilação Mecânica; Unidade de Terapia Intensiva.

APPLICATION OF LUNG ULTRASOUND IN WEANNING FROM MECHANICAL VENTILATION

ABSTRACT

This study performs an integrative review to evaluate the application of diaphragmatic ultrasound (DU) in predicting the success of weaning from mechanical ventilation (MV). Using the PubMed database, 7 relevant articles published between 2020 and 2024 were selected. The methodology included searching with specific descriptors and applying filters to ensure the quality of the studies. The analysis revealed that DU, especially the measurement of diaphragmatic excursion (DE) and diaphragmatic thickening fraction (DTF), presents good accuracy in predicting weaning success. However, methodological variabilities and observer dependence highlight the need for further research and standardization to optimize the use of UD in clinical practice.

Keywords: Diaphragmatic Ultrasonography; Weaning from Mechanical Ventilation; Intensive Care Unit.

Instituição afiliada – ¹Pontifícia Universidade Católica de Goiás; ²Estácio de Sá; ³Centro Universitário de Pato Branco; ⁴Centro Universitário Metropolitano da Amazônia; ⁵Centro Universitário de Pato Branco; ⁶Universidade Nacional Ecológica; ⁷Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ⁸Universidad Ciencias de la Salud Fundación H. Barcelo; ⁹Centro Universitário de Pato Branco; ¹⁰Centro Universitário de Pato Branco.

Autor correspondente: André Matheus Carvalho Silva Leite andre.mcarvalho@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

O processo de desmame da ventilação mecânica (VM) continua sendo um dos desafios mais críticos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI). A identificação do momento ideal para extubação é fundamental, pois o desmame prematuro pode resultar em falha, aumentando o risco de complicações como infecções hospitalares, disfunção diafragmática, maior tempo de internação e custos elevados (PARADA-GEREDA *et al.*, 2023). As diretrizes atuais recomendam vários índices para prever o sucesso do desmame, porém a precisão desses métodos é limitada pela heterogeneidade dos pacientes graves. Mesmo com a realização de um teste de respiração espontânea (TRE), a falha de extubação pode ultrapassar 20% em pacientes de alto risco (PARADA-GEREDA *et al.*, 2023).

Recentemente, a disfunção diafragmática (DD) foi associada à falha no desmame, destacando a importância de sua avaliação para prever o sucesso na manutenção da respiração espontânea (MAHMOODPOOR *et al.*, 2022). Nesse contexto, a ultrassonografia diafragmática emergiu como uma ferramenta promissora, especialmente por sua capacidade de fornecer dados estruturais e funcionais do diafragma de maneira rápida, portátil e segura (PARADA-GEREDA *et al.*, 2023). Estudos demonstraram a utilidade da ultrassonografia na mensuração da excursão diafragmática (ED) e na avaliação da espessura muscular, o que pode auxiliar na identificação precoce de disfunções que comprometam o desmame (MAHMOODPOOR *et al.*, 2022).

Entretanto, apesar do crescente interesse e das evidências promissoras, o uso rotineiro da ultrassonografia na previsão do desmame ainda é debatido. A variabilidade nos resultados sugere a necessidade de mais estudos para validar essa abordagem como um método padrão em UTIs (PARADA-GEREDA *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo conhecer a aplicação da ultrassonografia na avaliação do desmame da ventilação mecânica, contribuindo para a identificação de estratégias mais eficazes e seguras para essa etapa crítica no manejo de pacientes em UTI.

METODOLOGIA

Este estudo conduz uma revisão integrativa com o objetivo de investigar a aplicação da ultrassonografia na análise do desmame ventilatório. O foco é evidenciar as pesquisas científicas disponíveis e aprofundar o entendimento sobre a aplicação desta técnica de imagem no estudo dessa condição, promovendo novas reflexões e perspectivas sobre o tema.

A pesquisa foi realizada na base de dados PubMed, utilizando os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): ultrasound; ventilation; weaning; assessment. Foram incluídos apenas artigos publicados entre 2020 e 2024, em português ou inglês, envolvendo estudos em humanos e somente artigos gratuitos. Para garantir alta qualidade nas evidências, foram aplicados filtros que limitaram a busca a revisões e revisões sistemáticas. Ao final do processo, 09 artigos foram identificados, e após a análise dos títulos, resumos e resultados, 07 foram selecionados, sendo excluídos aqueles que não abordavam diretamente a relação entre o uso do ultrassom pulmonar para a tomada de decisão quanto ao desmame ventilatório.

A seleção dos artigos foi realizada pelo autor principal, e em casos de discordância, um segundo autor revisou os dados. A escolha final dos artigos foi discutida e aprovada por todos os autores envolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de Parada-Gereda et al. (2023) demonstrou que a ultrassonografia diafragmática tem boa precisão para prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica, com sensibilidade e especificidade combinadas de 0,85 e 0,75 para a excursão diafragmática (DE), e 0,80 para a fração de espessamento diafragmático (DTF). Esses resultados indicam que pacientes com DTF superior a 29% e DE acima de 1 cm têm alta probabilidade de extubação bem-sucedida. No entanto, os estudos revisados apresentaram variações nos resultados, com alguns mostrando limitações metodológicas, como risco de viés e inconsistências nos critérios de inclusão (Parada-Gereda et al., 2023).

Esses achados são consistentes com pesquisas anteriores, como as de Li et al. e Llamas Alvarez, que também indicaram a utilidade da ultrassonografia na previsão do desmame. No entanto, o DTF foi considerado um preditor moderado do desfecho. Além disso, Garcia Sanchez et al. e Le Neindre et al. relataram que a disfunção diafragmática

avaliada por ultrassom está fortemente associada ao aumento do risco de falha na extubação (Parada-Gereda et al., 2023).

A inclusão de novos estudos por Parada-Gereda et al. (2023) reforçou esses achados, mas a análise de subgrupos revelou que a posição do paciente e outros fatores podem influenciar a precisão das medidas. Embora a ultrassonografia diafragmática mostre resultados promissores, ainda são necessárias mais pesquisas para padronizar o uso dessa técnica na prática clínica.

O estudo de Mahmoodpoor et al. (2022) destacou o papel da ultrassonografia (US) do músculo diafragma na previsão do desfecho do desmame ventilatório. A técnica se mostrou vantajosa em relação ao método padrão de pressão transdiafragmática (Pdi), devido à sua natureza não invasiva e facilidade de uso à beira do leito. Embora a Pdi seja eficaz no diagnóstico da função diafragmática, sua aplicação é limitada pela subjetividade e necessidade de treinamento do paciente, o que torna a US uma alternativa mais acessível para avaliação da força diafragmática e tolerância ao desmame (Mahmoodpoor et al., 2022).

A fração de espessamento diafragmático (DTF), medida por ultrassonografia, tem sido uma ferramenta útil na avaliação da função muscular respiratória. Enquanto alguns estudos, como o de Cartwright et al., não encontraram mudanças significativas na espessura do diafragma durante a internação na UTI, outros indicaram que a ventilação mecânica (VM) pode levar à atrofia e afinamento do músculo, dificultando o desmame (Mahmoodpoor et al., 2022). Goligher et al. sugeriram o uso de um índice de espessura diafragmática (TDI), mas não encontraram correlação significativa entre o TDI e os resultados do desmame. No entanto, Mistri et al. demonstraram que a atrofia diafragmática durante a VM reduz o DTF, comprometendo a probabilidade de um desmame bem-sucedido (Mahmoodpoor et al., 2022).

Estudos como o de Vallette et al. reforçam que a ultrassonografia pode identificar pacientes com alto risco de desmame difícil. Esses achados corroboram a ideia de que o aumento do DTF pode ser um preditor de extubação bem-sucedida (Mahmoodpoor et al., 2022). Por fim, os resultados indicam que a avaliação do DTF durante o teste de respiração espontânea (SBT) é mais precisa do que no modo de pressão de suporte (PS), sugerindo que um limiar mais baixo de DTF melhora a acurácia

diagnóstica, embora mais estudos sejam necessários para confirmar essa hipótese (Mahmoodpoor et al., 2022).

Nos últimos 10 anos, o ultrassom do diafragma tem sido cada vez mais utilizado em UTIs, e vários estudos foram publicados sobre este tema em adultos e crianças. Quando o diafragma contrai, ele encurta, engrossa, desloca-se e endurece. O ultrassom pode medir a espessura, o engrossamento e o deslocamento do diafragma (também chamado de excursão). Por questões de viabilidade, o ultrassom do diafragma é realizado principalmente no hemidiafragma direito através de duas abordagens: subcostal e intercostal. A abordagem subcostal visualiza o deslocamento caudal do hemidiafragma. A medição da excursão do hemidiafragma direito está associada a alta confiabilidade intra e interobservador. O limite inferior da normalidade é superior a 3,6 cm em mulheres e superior a 4,7 cm em homens durante o esforço inspiratório máximo. Em sujeitos saudáveis, há uma correlação moderada entre a excursão do diafragma e os marcadores de capacidade de geração de pressão. Em pacientes ventilados mecanicamente, a excursão do diafragma está pobremente correlacionada com os marcadores (DRES, DEMOULE, 2020).

Um desequilíbrio entre a carga e a capacidade do sistema respiratório é uma causa significativa de falha do teste de desmame (SBT) e da extubação. O ultrassom dos músculos respiratórios pode ser útil para o diagnóstico diferencial da falha do desmame, mas uma proporção considerável de pacientes pode ser desmamada com sucesso, mesmo com disfunção do diafragma. A relevância do ultrassom para prever o sucesso do SBT é debatível, sendo mais relevante para prever o sucesso da extubação (TUINMAN et al., 2020).

Kim et al. observaram que a excursão do diafragma < 10 mm foi associada à falha do desmame, mas com baixo desempenho preditivo. No entanto, a excursão do diafragma medida após 30 minutos de um SBT mostrou melhor desempenho preditivo. Em pacientes pós-cirurgia cardíaca, a excursão > 25 mm do diafragma contralateral foi associada a uma extubação bem-sucedida. A heterogeneidade nos resultados pode ser atribuída a fatores como a posição do paciente e o momento das medições (TUINMAN et al., 2020).

Spadaro et al. encontraram que o índice de respiração rápida e superficial

diafragmática (D-RSBI) teve melhor desempenho preditivo do que o RSBI sozinho. Palkar et al. relataram que a diminuição no índice excursão diafragmática-tempo (E-T) foi eficaz para prever o sucesso da extubação. No entanto, a excursão do diafragma não foi associada à falha da extubação em pacientes que passaram com sucesso no SBT, indicando que outros fatores além da função do diafragma podem influenciar a extubação (TUINMAN et al., 2020).

A fração de espessamento do diafragma (TFdi) > 30–36% durante um SBT previu o sucesso da extubação. Estudos mostraram que um TFdi(máx) > 36% estava associado a um SBT bem-sucedido, e TFdi $\geq$ 30% teve boa sensibilidade e especificidade para o sucesso da extubação. A meta-análise indicou que TFdi/TFdi (máx.) teve um AUROC de 0,87 para prever falha no desmame. Esses resultados sugerem que o ultrassom do diafragma pode ajudar a identificar fraqueza diafragmática, embora seu papel na previsão de sucesso do SBT e da extubação ainda precise de mais avaliação (TUINMAN et al., 2020).

Uma diminuição ou remoção da PEEP pode levar ao desrecrutamento, detectável por ultrassom pulmonar. Após um teste de respiração espontânea (TRE), uma pontuação de ultrassom pulmonar <13 é altamente preditiva de sucesso na extubação, enquanto uma pontuação >17 é preditiva de falha, com razões de probabilidade negativas e positivas, respectivamente (MOUSA, KLOMPMAKER, TUINMAN, 2020).

A diminuição da pressão intratorácica durante o desmame pode induzir edema pulmonar, detectável por ultrassom como linhas B. Pacientes com um aumento de $\geq$ 6 linhas B em quatro regiões anteriores durante um SBT mostraram alto risco de falha do SBT, com alta sensibilidade e especificidade (MOUSA, KLOMPMAKER, TUINMAN, 2020).

A disfunção do diafragma é uma complicação importante da ventilação mecânica e está associada a resultados clínicos ruins, incluindo falha no desmame. A excursão do diafragma de >1–1,5 cm e um TF di de 30–36% são preditivos de sucesso na extubação. No entanto, em pacientes que passaram com sucesso um SBT, a disfunção do diafragma detectada por ultrassom não foi associada a um risco aumentado de falha no desmame, indicando que uma única medição de ultrassom não deve ser a base única para decisões clínicas (MOUSA, KLOMPMAKER, TUINMAN, 2020).

A ultrassonografia diafragmática (UD) é uma técnica não invasiva, econômica,

segura e fácil de realizar que supera várias limitações de outras técnicas. Varón-Vega et al. concluíram que esta é o método preferido para a extubação (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). A técnica avalia a fração de espessamento diafragmático (TF) em três camadas: uma camada central não ecogênica (diafragma) intercalada entre duas camadas ecogênicas (peritônio e pleura) (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). Um transdutor em matriz de fase é posicionado abaixo da margem costal, perpendicular ao terço posterior do hemidiafragma, tornando esta técnica mais precisa que uma radiografia torácica no diagnóstico de deficiências pulmonares (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021).

Boussuges et al. avaliaram 210 pessoas com valores espirométricos normais, medindo excursões médias de $1,8 \pm 0,3$ cm no lado direito e $1,8 \pm 0,4$ cm no lado esquerdo (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). Este método avalia a anatomia interna, a espessura diafragmática (como sinal de atrofia), a fração de encurtamento e a mobilidade diafragmática (como sinal de atividade diafragmática) (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). García-Sánchez et al. realizaram uma meta-análise obtendo valores de excursão diafragmática para prever a falha do desmame entre 7 mm e 27 mm (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021).

O modo B avalia a morfometria das fibras em relaxamento e em manobras; o modo M quantifica a direção e a amplitude da excursão diafragmática durante a inalação (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). As medições de espessura são obtidas no final da inspiração (TEI) e no final da expiração (TEE), para calcular a fração de espessamento pela fórmula $TF = (TEI - TEE) / TEE$, com um valor normal de 2,6 (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021).

Em 2017, Tanaka et al. mediram a espessura diafragmática para prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica. A fração de espessamento foi avaliada e multiplicada pelo RSBI, obtendo TEE direito de $0,28 \pm 0,05$ cm, TEI direito de $0,21 \pm 0,05$ cm, TF direito de $23,1 \pm 10,7\%$, com sensibilidade de 0,64 e especificidade de 0,84. Além disso, mencionaram que a radiografia torácica oferece detecção muito sensível da paralisia diafragmática unilateral (90%), mas com baixa especificidade (44%) (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021).

Atualmente, a UD é usada em pacientes com Covid-19 como uma medida

prognóstica de DD e uma orientação para a necessidade ventilatória, além de determinar o início da síndrome intersticial (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). Theerawit et al. concluíram que DD é evidenciada quando a excursão do diafragma é < 10 mm ou em casos de movimento paradoxal, estando relacionada à falha da extubação, uma definição que é mantida no contexto da pandemia (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021).

Em 2017, Liu et al. concluíram que esse método é superior a outros na previsão de DD (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). No entanto, sua limitação é a janela acústica ruim (ocorrendo em 2–10% dos casos). Além disso, exige pessoal altamente treinado na técnica e na interpretação qualitativa e quantitativa, tornando-o dependente do observador (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021). Carrie et al. determinaram que, por si só, não poderia prever falha na extubação e no desmame a partir do leito dos pacientes que estão realizando testes de respiração espontânea, e não oferece valor adicional em comparação com o escore do Medical Research Council, não sendo recomendado (SÁNCHEZ, MOLINA-PENA, RODRIGUEZ-TRIVINO 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ultrassonografia diafragmática (UD) tem se mostrado uma ferramenta valiosa na avaliação da função diafragmática e na previsão do sucesso do desmame da ventilação mecânica. Estudos recentes, como o de Parada-Gereda et al. (2023), demonstraram que a UD possui boa precisão na previsão do sucesso do desmame, com sensibilidade de 0,85 e especificidade de 0,75 para a excursão diafragmática (DE), e 0,80 para a fração de espessamento diafragmático (DTF). Esses dados indicam que pacientes com DTF superior a 29% e DE acima de 1 cm têm uma alta probabilidade de sucesso na extubação, embora variações metodológicas e limitações dos estudos, como viés e inconsistências, devam ser consideradas.

Os achados corroboram pesquisas anteriores que apontam a ultrassonografia como uma ferramenta útil, mas também destacam a necessidade de mais padronização e validação dos critérios de avaliação. A análise dos estudos revelou que, embora a DTF e a DE sejam preditores importantes, a posição do paciente e outros fatores podem influenciar os resultados, reforçando a necessidade de uma abordagem cuidadosa e

personalizada.

A comparação com outras técnicas, como a pressão transdiafragmática (Pdi), demonstra que a UD, por sua natureza não invasiva e facilidade de uso à beira do leito, oferece vantagens significativas. No entanto, a técnica ainda enfrenta desafios, como a dependência do observador e a variabilidade na janela acústica.

Portanto, enquanto a ultrassonografia diafragmática mostra-se promissora na prática clínica, especialmente na predição do sucesso do desmame e da extubação, são necessárias mais pesquisas para consolidar seu uso e superar as limitações atuais. A integração de novos estudos e a padronização dos métodos de avaliação serão essenciais para otimizar a aplicação clínica da UD e melhorar os resultados para os pacientes.

REFERÊNCIAS

1. PARADA-GEREDA, H. M. et al. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. **Critical Care**, v. 27, p. 174, 5 maio 2023.
2. MAHMOODPOOR, A. et al. Diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. **Anaesthesiology Intensive Therapy**, 2022.
3. DRES, M.; DEMOULE, A. Monitoring diaphragm function in the ICU. **Current Opinion in Critical Care**, v. 26, n. 1, p. 18–25, fev. 2020.
4. TUINMAN, P. R. et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients—a narrative review. **Intensive Care Medicine**, v. 46, n. 4, p. 594–605, 14 jan. 2020.
5. MOUSA, A.; KLOMPMAKER, P.; TUINMAN, P. R. Setting positive end-expiratory pressure: lung and diaphragm ultrasound. **Current Opinion in Critical Care**, v. 30, n. 1, p. 53–60, 17 nov. 2023.
6. SÁNCHEZ SÁNCHEZ, C. D. M.; MOLINA-PEÑA, M. E.; RODRIGUEZ-TRIVIÑO, C. Y. Comprehensive assessment of respiratory function, a step towards early weaning from the ventilator. **Advances in Respiratory Medicine**, v. 89, n. 3, p. 299–310, 30 jun. 2021.
7. TRUONG, D. et al. Methodological and Clinimetric Evaluation of Inspiratory Respiratory Muscle Ultrasound in the Critical Care Setting: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Critical Care Medicine**, v. 51, n. 2, p. e24–e36, 20 jan. 2023.