

DOI: <https://doi.org/10.26694/jcshu-ufpi.v9iSupl.Esp..8139>

ULTRASSONOGRAFIA ABDOMINAL NO DESMAME VENTILATÓRIO EM PACIENTES COM TRAUMA RAQUIMEDULAR

ABDOMINAL ULTRASOUND DURING VENTILATOR WEANING IN PATIENTS WITH SPINAL CORD INJURY

Ivy Veras de Sousa¹, Angelo Eduardo Vasconcelos Guimaraes²

¹ Residência médica em Multiprofissional em Saúde da Família em andamento pela Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, Brasil. Graduação em Fisioterapia pela Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil. e-mail: iyyveras@hotmail.com



² Mestrado em andamento em Ciências do Movimento pela Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil. Residência multiprofissional em terapia intensiva do adulto pela Universidade Estadual do Piauí, UESPI, Brasil. Graduação em Bacharelado em Fisioterapia pela Universidade Estadual do Piauí, UESPI, Brasil. e-mail: angelo.fisio91@gmail.com



RESUMO

Objetivo: Revisar a literatura sobre o papel da ultrassonografia da musculatura abdominal na predição do sucesso do desmame ventilatório em pacientes com trauma raquimedular cérvico-torácico, destacando aplicabilidade clínica, limitações e lacunas de conhecimento. **Métodos:** Revisão narrativa de estudos em PubMed, LILACS e SciELO incluindo observacionais, ensaios clínicos e revisões sobre ultrassonografia de músculos superficiais, com ênfase na musculatura abdominal. Priorizou-se avaliação de espessura muscular, fração de espessamento, passagem diafragmática e associações com fases do desmame. **Resultados:** A ultrassonografia identifica alterações estruturais e funcionais da musculatura respiratória correlacionadas ao desenvolvimento do desmame. Reduções na espessura e no espessamento dos músculos abdominais associam-se à falha de extubação e à disfunção expiratória, mesmo com preservação diafragmática. Em pacientes com trauma raquimedular, os testes clínicos tradicionais apresentam baixa acurácia para avaliar a musculatura abdominal, apontando a ultrassonografia como método objetivo e complementar. Contudo, há escassez de estudos específicos sobre musculatura abdominal como preditores de desmame nessa população. **Conclusão:** A ultrassonografia abdominal é promissora e complementar a avaliação diafragmática na previsão do desmame ventilatório em trauma raquimedular cérvico-torácico, mas a evidência é limitada. São estudos prospectivos necessários para validar parâmetros, determinar pontos de corte e estabelecer protocolos integrados de avaliação respiratória.

DESCRIPTORES: Traumatismos da medula espinal; Músculos abdominais; Ultrassonografia.

ABSTRACT

Objective: To review the literature on the role of abdominal muscle ultrasonography in predicting ventilator weaning success in patients with cervicothoracic spinal cord injury, highlighting clinical applicability, limitations, and knowledge gaps. **Methods:** This narrative review included observational studies, clinical trials, and reviews retrieved from PubMed, LILACS, and SciELO that addressed ultrasonography of superficial muscles, with an emphasis on abdominal musculature. Priority was given to studies evaluating muscle thickness, thickening fraction, diaphragmatic excursion, and their associations with ventilator weaning phases. **Results:** Ultrasonography identifies structural and functional changes in respiratory muscles correlated with ventilator weaning outcomes. Reductions in abdominal muscle thickness and thickening are associated with extubation failure and expiratory dysfunction, even in the presence of preserved diaphragmatic function. In patients with spinal cord injury, traditional clinical tests show low accuracy for assessing abdominal muscles, supporting ultrasonography as an objective and complementary assessment method. However, there is a scarcity of studies specifically investigating abdominal muscles as predictors of ventilator weaning in this population. **Conclusion:** Abdominal ultrasonography is a promising and complementary tool to diaphragmatic assessment for predicting ventilator weaning success in cervicothoracic spinal cord injury. Nevertheless, current evidence remains limited, and prospective studies are needed to validate parameters, determine cutoff values, and establish integrated respiratory assessment protocols.

KEYWORDS: Spinal cord injuries; Abdominal muscles; Ultrasonography.

Correspondência: Ivy Veras de Sousa. Residência médica em Multiprofissional em Saúde da Família em andamento pela Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, Brasil. Graduação em Fisioterapia pela Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil. e-mail: ivyveras@hotmail.com

Editado por:
Marcelo Cunha de Andrade

Hospital Universitário da Universidade Federal do Piauí – HU-UFPI, Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares – EBSEH, HU Brasil

Como citar este artigo (Vancouver):

Sousa IV, Guimaraes AEV. Ultrassonografia abdominal no desmame ventilatório em pacientes com trauma raquimedular. J. Ciênc. Saúde [internet]. 2026 [acesso em: dia mês abreviado ano]; JCS HU-UFPI. 2026; 9(Supl. Esp.):e-8139. DOI: <https://doi.org/10.26694/jcshu-ufpi.v9iSupl.Esp..8139>

Esta obra está licenciada sob uma Licença *Creative Commons* [Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) é uma intervenção de suporte à vida, frequentemente necessária no manejo de pacientes com trauma raquimedular cérvico-torácico (TRMCT) cuja lesão neurológica compromete o controle dos músculos respiratórios⁽¹⁾. Diferente de outras populações críticas, o principal desafio no desmame ventilatório desses pacientes, muitas vezes, não reside na falha da musculatura inspiratória, mas sim na disfunção dos músculos expiratórios, que leva a uma tosse ineficaz e ao conseqüente acúmulo de secreções⁽²⁾. Essa condição eleva drasticamente o risco de complicações pulmonares, como atelectasias e pneumonias, tornando a decisão de desmame ventilatório um processo complexo e com altas taxas de falha⁽³⁾. A literatura demonstra que a incapacidade de proteger as vias aéreas pode contribuir significativamente para o fracasso do desmame⁽⁴⁾.

Os músculos expiratórios, principalmente os da parede abdominal (reto abdominal, oblíquos e transversos abdominais), são os principais responsáveis pela geração de uma tosse vigorosa e eficaz⁽⁵⁾. Em indivíduos com TRMCT, a interrupção das vias neurais motoras resulta em paralisia ou paresia desses músculos⁽⁶⁾. Essa disfunção expiratória primária é o pilar da insuficiência respiratória crônica e das falhas de desmame. A avaliação da força e da função desses músculos é, portanto, fundamental para uma tomada de decisão clínica segura. A compreensão de que a função expiratória, e não apenas a inspiratória, é um preditor chave de sucesso no desmame ventilatório tem ganhado destaque, direcionando a pesquisa para métodos que possam quantificar objetivamente a competência da parede abdominal⁽⁷⁾.

Nesse contexto, a ultrassonografia cinesiológica surge como uma ferramenta promissora, não invasiva e aplicável à beira do leito, capaz de avaliar tanto a morfologia quanto a função contrátil dos músculos em tempo real. Através da medição da espessura muscular em repouso e durante a contração (tosse), é possível calcular a fração de espessamento (*thickening fraction*),

um indicador direto da capacidade funcional do músculo⁽⁸⁾. Estudos recentes apontam o valor preditivo da ultrassonografia na avaliação dos músculos abdominais para estimar a probabilidade de sucesso do desmame ventilatório em pacientes neurocríticos⁽⁹⁾. No entanto, existe uma lacuna na literatura sobre a aplicação desta técnica especificamente na população com TRMCT, cujo mecanismo de falha ventilatória é primariamente ligado à disfunção expiratória.

Diante da relevância clínica dos músculos expiratórios no desmame ventilatório e a utilidade crescente da ultrassonografia como método de avaliação à beira do leito, a presente revisão narrativa teve como objetivo analisar o potencial da ultrassonografia da musculatura abdominal na predição do sucesso do desmame ventilatório em pacientes com trauma raquimedular cérvico-torácico.

MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão narrativa. A busca bibliográfica foi realizada nas bases PubMed, LILACS e SciELO utilizando descritores em saúde (DeCS e MeSH) em português e inglês, incluindo combinações de termos como “*spinal cord injury*”, “*traumatismo da medula espinal*”, “*abdominal muscles*”, “*músculos abdominais*”, “*ultrasonography*”, “*ultrassonografia*” e variações relacionadas à ventilação mecânica e desmame. As buscas foram realizadas para identificar estudos publicados nos últimos cinco anos, em adultos, com texto completo disponível, que abordassem avaliação ultrassonográfica da musculatura abdominal e/ou respiratória em pacientes com trauma raquimedular cérvico-torácico. Estudos sem foco em lesão medular, em pacientes saudáveis, ou que não utilizaram ultrassonografia como ferramenta diagnóstica foram excluídos.

Quanto aos artigos selecionados, os critérios de inclusão adotados foram estudos publicados nos últimos cinco anos, nos idiomas português e inglês, que abordassem a utilização da ultrassonografia na avaliação da musculatura abdominal, com ênfase na

análise da perda de massa muscular e/ou alterações funcionais, em pacientes adultos neurocríticos, especialmente no contexto do desmame da ventilação mecânica. Foram excluídos estudos que envolvessem a avaliação dos músculos expiratórios em indivíduos saudáveis, pacientes não internados em unidade de terapia intensiva, bem como dissertações, monografias, estudos realizados em crianças ou em modelos animais.

Para a análise de dados, foi realizada a leitura dos artigos na íntegra, em que os dados foram analisados e posteriormente apresentados na tabela 1, contendo as seguintes informações: autores do estudo e ano de publicação, desenho do estudo, população, intervenção, variável e desfecho.

Após a definição dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), foi realizada a busca bibliográfica nas bases de dados selecionadas, com aplicação do filtro temporal correspondente ao período de 2020 a 2025. Inicialmente, foram identificadas 56 publicações para

leitura dos títulos e resumos. Destas, 39 foram excluídas por não abordarem a temática proposta, resultando em 17 estudos selecionados para leitura na íntegra. Após a análise completa dos textos, 5 publicações foram excluídas por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, sendo incluídos, ao final, 12 estudos para a estruturação da presente revisão narrativa. As publicações incluídas corresponderam a uma publicação indexada na base LILACS e quatro no PubMed.

RESULTADOS

Foram incluídos 12 estudos nesta revisão narrativa, publicados entre 2020 e 2025, que abordaram a avaliação da musculatura abdominal por meio da ultrassonografia em populações neurocríticas sob ventilação mecânica. As principais características metodológicas dos estudos selecionados estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estudos selecionados de acordo com Autor, Tipo de estudo, População, Avaliação ultrassonográfica, Desfechos avaliados e Achados. Teresina, PI, Brasil, 2026.

Autor (ano)	Tipo de estudo	População	Avaliação ultrassonográfica	Desfechos avaliados	Principais achados
Schreiber et al. (2020)	Estudo prospectivo observacional	Pacientes críticos em VM	Espessura dos músculos abdominais	Falha de extubação	Menor espessura dos músculos abdominais associou-se à maior taxa de falha de extubação, independentemente do diafragma.
Santana et al. (2020)	Revisão narrativa	Pacientes críticos e ambulatoriais	Diafragma (excursão, espessura, fração de espessamento)	Aplicações clínicas	Ultrassonografia diafragmática é método válido, reprodutível e útil no desmame, porém com necessidade de padronização.
Tuinman et al. (2020)	Revisão narrativa	Pacientes de UTI e emergência	Diafragma, músculos intercostais e abdominais	Avaliação funcional respiratória	A ultrassonografia permite avaliação integrada dos músculos respiratórios, com aplicações diagnósticas e prognósticas.
Duan et al. (2021)	Revisão sistemática e meta-análise	Pacientes críticos	Avaliação indireta da musculatura expiratória (força da tosse)	Falha de extubação	Tosse fraca apresentou associação significativa com falha de extubação, destacando o papel da musculatura expiratória.

Amara et al. (2022)	Estudo prospectivo observacional	Pacientes críticos em VM	Músculos abdominais, excursão diafragmática e LUS	Sucesso do desmame	Melhor excursão diafragmática, menor LUS e padrão adequado de espessamento abdominal associaram-se ao desmame bem-sucedido.
Hung et al. (2022)	Ensaio clínico randomizado	Pacientes com VM prolongada	Avaliação funcional respiratória	Função pulmonar e tosse	O treinamento com peso abdominal melhorou volumes pulmonares e eficácia da tosse, especialmente quando associado à máquina de tosse.
Mahmoodpoor et al. (2022)	Revisão sistemática e meta-análise	Pacientes críticos	Ultrassonografia diafragmática	Sucesso do desmame	Excursão e fração de espessamento diafragmático apresentaram boa acurácia preditiva, com alta heterogeneidade entre estudos.
Calças Neto & Alves Fernandes (2022)	Revisão narrativa	Pacientes em VM	Diafragma	Desmame ventilatório	A ultrassonografia diafragmática é ferramenta útil no desmame, com vantagens clínicas e limitações relacionadas à padronização.
Qiu et al. (2025)	Estudo observacional, centro único	Pacientes neurocríticos	Diafragma e músculos abdominais	Falha de extubação	A avaliação combinada dos músculos abdominais e do diafragma apresentou maior poder preditivo de falha de extubação.
Bhatia et al. (2025)	Série de casos retrospectiva	Lesão medular cervical	Ultrassonografia do diafragma	Desfechos de desmame ventilatório	Parâmetros ultrassonográficos do diafragma demonstraram valor preditivo para sucesso ou falha do desmame em pacientes com lesão medular cervical.
Bjerkefors et al. (2015)	Estudo diagnóstico transversal	Lesão medular motora completa > T6	Avaliação clínica da musculatura abdominal	Função muscular abdominal	Testes clínicos apresentaram acurácia diagnóstica limitada para avaliar função abdominal após lesão medular.
Kutuk et al. (2025)	Estudo observacional	Pacientes com lesão medular	Ultrassonografia dos músculos expiratórios	Função expiratória	A ultrassonografia evidenciou disfunção dos músculos expiratórios associada à gravidade da lesão medular.

Fonte: Autores da pesquisa.

Dentre os estudos incluídos, observaram-se desenhos observacionais transversais, séries de casos retrospectivas e estudos diagnósticos. A população avaliada foi composta predominantemente por adultos com trauma raquimedular cervical ou torácico, bem como pacientes internados em unidades de terapia intensiva neurointensiva,

submetidos à ventilação mecânica ou em processo de extubação.

A ultrassonografia foi utilizada principalmente para avaliação do diafragma e da musculatura abdominal expiratória, incluindo o transverso do abdômen, oblíquos interno e externo e reto abdominal. As principais variáveis analisadas foram a

espessura muscular e a fração ou razão de espessamento durante diferentes manobras respiratórias.

Os estudos que investigaram desfechos respiratórios demonstraram associação entre maiores valores de espessura e espessamento muscular e melhores resultados clínicos, incluindo maior força expiratória, melhor desempenho respiratório e maior probabilidade de sucesso no desmame ventilatório ou extubação. Em pacientes com trauma raquimedular cervical, a avaliação ultrassonográfica do diafragma mostrou-se associada ao sucesso do desmame da ventilação mecânica.

De forma geral, os estudos incluídos indicam que a ultrassonografia é uma ferramenta viável para a avaliação da musculatura respiratória em pacientes com lesão medular, permitindo a identificação de alterações estruturais e funcionais associadas a desfechos respiratórios relevantes.

DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstram que a ultrassonografia dos músculos respiratórios é capaz de identificar alterações estruturais e funcionais associadas a desfechos respiratórios relevantes, embora a evidência direta envolvendo especificamente a musculatura abdominal nessa população ainda seja limitada.

A relevância da ultrassonografia da musculatura abdominal torna-se particularmente evidente diante das limitações dos métodos clínicos tradicionais de avaliação desses músculos em pacientes com trauma raquimedular. Estudos demonstraram que testes clínicos comumente utilizados para avaliar a função dos músculos abdominais apresentam baixa acurácia diagnóstica em indivíduos com lesão medular motora completa acima de T6, sendo incapazes de discriminar adequadamente o grau de comprometimento muscular⁽¹⁰⁾. Esses achados indicam que a avaliação clínica isolada pode subestimar a disfunção abdominal nessa população, reforçando a necessidade de

métodos objetivos e quantitativos. Nesse contexto, a ultrassonografia surge como uma ferramenta promissora por permitir a avaliação direta da espessura e da ativação muscular, superando limitações inerentes aos testes clínicos e oferecendo maior precisão na caracterização da função expiratória, aspecto potencialmente relevante para a predição do sucesso do desmame ventilatório.

Pôde-se observar também que a ultrassonografia dos músculos abdominais possui valor prognóstico na extubação de pacientes críticos. Os autores observaram que a menor espessura da musculatura abdominal esteve associada a maior taxa de falha de extubação, independentemente da função diafragmática⁽⁵⁾. Embora a população avaliada não fosse exclusivamente neurológica, esses achados são particularmente relevantes para pacientes com trauma raquimedular cérvico-torácico, nos quais a disfunção expiratória é comum e frequentemente subestimada quando a avaliação se restringe ao diafragma.

Evidências recentes indicam que a avaliação ultrassonográfica do diafragma apresenta valor preditivo para o sucesso do desmame ventilatório em pacientes com trauma raquimedular cervical. No estudo de Bhatia et al., maiores valores da fração de espessamento diafragmático estiveram associados a desfechos favoráveis no desmame da ventilação mecânica, reforçando a aplicabilidade do ultrassom como ferramenta funcional nessa população⁽¹¹⁾. No entanto, apesar de o diafragma ser o principal músculo inspiratório, a preservação parcial de sua função pode não refletir adequadamente a capacidade ventilatória global em pacientes com lesão medular, especialmente quando há comprometimento significativo da musculatura abdominal. Assim como foi observado Santana et al., que apontou limitações importantes, como a variabilidade dos protocolos e a ausência de padronização dos pontos de corte⁽¹²⁾. Em pacientes com trauma raquimedular, essas limitações tornam-se ainda mais evidentes, uma vez que a avaliação isolada

do diafragma pode não captar adequadamente o impacto da disfunção expiratória sobre o sucesso do desmame.

Tuinman *et al.*, amplia essa perspectiva abordando a ultrassonografia de forma integrada, incluindo diafragma, músculos intercostais e musculatura abdominal. Os autores ressaltaram que a avaliação isolada de um único músculo respiratório pode ser insuficiente para compreender a mecânica ventilatória em pacientes críticos⁽¹³⁾. Tal abordagem integrada mostra-se particularmente pertinente no trauma raquimedular cérvico-torácico, no qual diferentes grupos musculares são afetados de maneira desigual, conforme o nível e a gravidade da lesão.

A importância funcional da musculatura expiratória também é reforçada por Duan *et al.*, que demonstrou que a força da tosse é um importante preditor de falha de extubação⁽¹⁴⁾. Seus achados reforçam o papel central da musculatura expiratória nos desfechos do desmame ventilatório. Em pacientes com trauma raquimedular, a tosse ineficaz decorre, em grande parte, da fraqueza ou paralisia dos músculos abdominais, o que reforça a relevância de métodos objetivos capazes de avaliar estruturalmente essa musculatura.

Estudos observacionais recentes demonstram de forma mais direta o comprometimento da musculatura abdominal em indivíduos com trauma raquimedular. Eles evidenciaram redução significativa da espessura e da fração de espessamento dos músculos abdominais, mensuráveis por ultrassonografia, refletindo disfunção muscular expiratória⁽¹⁵⁾. Esses achados corroboram a hipótese de que a musculatura abdominal desempenha papel relevante na manutenção da ventilação espontânea eficaz nessa população. Esses resultados foram ratificados por Qiu *et al.*, que demonstraram associação entre alterações na espessura e no espessamento dos músculos abdominais e a falha de extubação⁽⁹⁾.

O estudo de Amara *et al.*, reforça essa abordagem integrada ao demonstrar que o padrão de espessamento dos músculos abdominais, associado à excursão diafragmática e ao escore ultrassonográfico pulmonar, apresentou associação significativa com o sucesso do desmame ventilatório⁽¹⁶⁾. Embora conduzido em uma população geral de UTI, o estudo fornece evidências de que a musculatura abdominal contribui ativamente para a transição da ventilação mecânica para a respiração espontânea, aspecto particularmente relevante no trauma raquimedular.

Do ponto de vista terapêutico, Hung *et al.*, demonstraram que o treinamento da musculatura abdominal, associado ou não à assistência por máquina de tosse, promoveu melhora da função pulmonar e da eficácia da tosse em pacientes sob ventilação mecânica prolongada⁽¹⁷⁾. Esses achados sugerem que a identificação precoce da disfunção abdominal por meio da ultrassonografia pode orientar intervenções direcionadas, com potencial impacto positivo no desmame ventilatório em pacientes com trauma raquimedular.

Apesar da robustez das evidências relacionadas à ultrassonografia diafragmática, como demonstrado na revisão sistemática de Mahmoodpoor *et al.*, os próprios autores destacam elevada heterogeneidade metodológica entre os estudos. Essa limitação torna-se ainda mais relevante em populações neurológicas, nas quais a avaliação exclusiva do diafragma pode superestimar a capacidade ventilatória real quando a musculatura abdominal não é considerada⁽¹⁸⁾. Calças Neto e Alves Fernandes também apontaram a escassez de estudos voltados à avaliação de outros músculos respiratórios⁽¹⁹⁾. Essa lacuna evidencia a necessidade de investigações específicas sobre a musculatura abdominal, especialmente em populações com comprometimento neurológico, como o trauma raquimedular cérvico-torácico.

CONCLUSÃO

A presente revisão narrativa evidencia que a ultrassonografia representa uma ferramenta promissora para a avaliação da musculatura respiratória em pacientes com trauma raquimedular cervico-torácico, com potencial aplicabilidade na predição do sucesso do desmame ventilatório. Embora a maior parte das evidências atuais concentre-se na avaliação do diafragma, os estudos analisados indicam que a musculatura abdominal exerce papel fundamental na ventilação expiratória, na eficácia da tosse e na estabilidade respiratória, fatores diretamente relacionados ao êxito do desmame da ventilação mecânica.

Os achados sugerem que alterações ultrassonográficas nos músculos abdominais, como redução da espessura e da fração de espessamento, estão associadas à disfunção expiratória em indivíduos com lesão medular, podendo contribuir para falhas no processo de desmame ventilatório. Nesse contexto, a ultrassonografia da musculatura abdominal surge como método não invasivo, acessível e reprodutível, capaz de fornecer informações complementares à avaliação clínica tradicional.

Entretanto, observa-se escassez de estudos que investiguem de forma específica e direta a capacidade preditiva da ultrassonografia da musculatura abdominal no desmame ventilatório em pacientes com trauma raquimedular, especialmente em lesões cervico-torácicas. Assim, há necessidade de estudos prospectivos, com amostras maiores e delineamentos metodológicos mais robustos, que avaliem de maneira integrada o papel dos músculos abdominais e do diafragma nesse contexto clínico.

Dessa forma, conclui-se que a ultrassonografia da musculatura abdominal apresenta potencial clínico relevante como ferramenta auxiliar na avaliação respiratória e na tomada de decisão durante o desmame ventilatório em pacientes com trauma

raquimedular, constituindo um campo promissor para futuras pesquisas e para a prática clínica baseada em evidências

REFERÊNCIAS

1. Munera-Cardozo MP, *et al.* Ventilación mecánica invasiva en el paciente con trauma raquimedular: revisión de la literatura. *Rev Chil Rehabil Act Fís.* 2024;4:1-30.
2. Bolser DC, *et al.* Recovery of airway protective behaviors after spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol.* 2009;169(2):150-156. doi:10.1016/j.resp.2009.07.018.
3. Wilson M, *et al.* Acute cervical spinal cord injury and extubation failure: a systematic review and meta-analysis. *Aust Crit Care.* 2020;33(1):97-105.
4. Hendershot KA, O'Phelan KH. Respiratory complications and weaning considerations for patients with spinal cord injuries: a narrative review. *J Pers Med.* 2023;13(1):97. doi:10.3390/jpm13010097.
5. Schreiber AF, *et al.* Separation from mechanical ventilation and survival after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care.* 2021;11(1):149.
6. Margetis K, Das JM, Emmady PD. Spinal cord injuries. In: *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.*
7. Shi ZH, *et al.* Expiratory muscle dysfunction in critically ill patients: towards improved understanding. *Intensive Care Med.* 2019;45(8):1061-1071. doi:10.1007/s00134-019-05664-4.
8. Tuinman PR, *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.
9. Qiu X, *et al.* Ultrasound-based abdominal muscles and diaphragm assessment in predicting extubation failure in patients requiring neurointensive care: a

single-center observational study. *Sci Rep.* 2025;15:2639.

10. Bjerkefors A, Squair JW, Malik R, Lam T, Chen Z, Carpenter MG. Diagnostic accuracy of common clinical tests for assessing abdominal muscle function after motor-complete spinal cord injury above T6. *Spinal Cord.* 2015;53(2):114-119. doi:10.1038/sc.2014.202.

11. Bhatia NS, Kunzweiler S, Conley C, Kim KH, Adewuyi AA, Mondriguez-Gonzalez A, et al. Predictive value of diaphragm muscle ultrasound for ventilator weaning outcomes after cervical spinal cord injury: a retrospective case series. *J Ultrasound Med.* 2025;44(1):119-126. doi:10.1002/jum.16589.

12. Santana PV, et al. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *J Bras Pneumol.* 2020;46(6):e20200064.

13. Tuinman PR, 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.

14. Duan J, Zhang X, Song J. Predictive power of cough strength for extubation failure: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2021;25:357. doi:10.1186/s13054-021-03781-5.

15. Kutuk B, Ones K, Dogan YE. Breathless strength: ultrasonographic insights into expiratory muscle dysfunction in spinal cord injury. *Medicina (Kaunas).* 2025;61(5):897. doi:10.3390/medicina61050897.

16. Amara V, et al. Evaluation of abdominal expiratory muscle thickness pattern, diaphragmatic excursion, and lung ultrasound score in critically ill patients and their association with weaning patterns: a prospective observational study. *Indian J Crit Care Med.* 2022;26(3):307-313. doi:10.5005/jp-journals-10071-24125.

17. Hung TY, et al. Effect of abdominal weight training with and without cough machine assistance on lung function in patients with prolonged mechanical ventilation: a randomized trial. *Crit Care.* 2022;26(1):153. doi:10.1186/s13054-022-04012-1.

18. Mahmoodpoor A, et al. Diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2022;54(2):164-174.

Calças Neto H, Alves Fernandes P. Uso da ultrassonografia diafragmática como ferramenta no desmame ventilatório. *PECIBES.* 2022;8(2):42-48.

Fontes de financiamento: Não

Conflito de interesse: Não

Recebido: 30/01/2026

Aprovado: 28/02/2026

Publicação: 30/04/2026