

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**LÍVIA REGINA BARBOSA PEREIRA
LUANA MARIA DA SILVA
VINÍCIUS SOUZA MELO**

**UTILIZAÇÃO DO ULTRASSOM DIAFRAGMÁTICO COMO PREDITOR DE
SUCESSO DO DESMAME EM PACIENTES VENTILADOS MECANICAMENTE:
UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

RECIFE
2022

**LÍVIA REGINA BARBOSA PEREIRA
LUANA MARIA DA SILVA
VINÍCIUS SOUZA MELO**

**UTILIZAÇÃO DO ULTRASSOM DIAFRAGMÁTICO COMO PREDITOR DE
SUCESSO DO DESMAME EM PACIENTES VENTILADOS MECANICAMENTE:
UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Fisioterapia do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como
parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador (a): Prof.^a Ma. Mabelle Gomes de
Oliveira Cavalcanti

RECIFE
2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 1745.

P436u Pereira, Livia Regina Barbosa
Utilização do ultrassom diafragmático como preditor de sucesso do
desmame em pacientes ventilados mecanicamente: uma revisão integrativa.
/ Livia Regina Barbosa Pereira, Luana Maria da Silva, Vinicius Souza Melo.
Recife: O Autor, 2022.
29 p.

Orientador(a): Prof. Ma. Mabelle Gomes de Oliveira Cavalcanti.

Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – Unibra. Bacharelado em Fisioterapia, 2022.

Inclui Referências.

1. Ultrassom. 2. Ventilação pulmonar. 3.Reabilitação. I. Silva, Luana Maria
da. II. Melo, Vinicius Souza, III. Centro Universitário Brasileiro - Unibra. IV.
Título.

CDU: 615.8

AGRADECIMENTOS

Nesse momento, acreditamos que nada que for escrito aqui será suficiente para expressar o nosso sentimento de gratidão em concluir esta etapa de nossa vida. Mas, algumas pessoas precisam ter a ideia da importância na nossa vida pessoal, acadêmica e profissional.

Nada mais justo que começar agradecendo a Deus, que foi nossa maior força nos momentos de angústias e desesperos. Sem ele nada disso seria possível. Obrigado meu Deus, por abençoar nosso caminho durante esses anos de graduação e a fé que temos em ti alimentou nossa alma.

Agradecemos aos nossos familiares presentes e aqueles por algum motivo Deus quis ao lado dele. Vocês presenciaram a nossa luta e apoiaram a nossa causa, sabemos do sacrifício que fizeram para que esse sonho tornasse realidade, mas em meio a tantas dificuldades, não mediram esforços para chegarmos até aqui. Foram a nossa base, equilíbrio e fonte de inspiração para se ter muito orgulho e poder dizer: “Meu/minha filho(a) é um(a) fisioterapeuta”. Obrigado por acreditar em nós. Seremos eternamente gratos.

Gratidão aos docentes do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, que através das trocas de conhecimentos e experiências permitiram que nós se tornássemos um profissional de pensamento crítico, humanista e ético. Em especial à nossa orientadora, Mabelle Cavalcanti, pela sua dedicação e paciência durante a realização desse trabalho. Suas valiosas contribuições fizeram toda a diferença.

Agradecemos aos nossos amigos da graduação, pelo companheirismo e pela troca de experiência e até mesmo pelos momentos mais difíceis que passamos juntos que permitiu crescermos profissionalmente.

Por fim, agradecemos à Instituição de Ensino – UNIBRA, essencial para o nosso processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendemos ao longo dos anos no curso.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana”.

Carl Jung

RESUMO

Introdução: Pacientes críticos comumente evoluem com a necessidade de ventilação mecânica invasiva (VMI), no entanto, durante o uso da VMI, o diafragma não está ativamente contraído, o que pode levar à disfunção contrátil e resultar numa série de complicações. Por isso, assim que o paciente apresentar condições clínicas, a retirada do suporte invasivo deve ser realizada, entretanto, decidir o momento ideal para a extubação pode ser um desafio. A ultrassonografia diafragmática (US) é uma ferramenta segura usada à beira do leito para avaliação da função do diafragma e previsão do resultado do desmame. **Objetivo:** Identificar a eficácia do ultrassom diafragmático como preditor de sucesso do desmame e extubação em pacientes adultos ventilados mecanicamente. **Delineamento Metodológico:** Foi realizada uma revisão integrativa da literatura nas seguintes bases de dados: Pubmed/MEDLINE, Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs) e Physiotherapy Evidence Database PEDro, buscando artigo dos últimos 7 anos, sem restrição linguística, com delineamentos do tipo ensaios clínicos randomizados e coorte. Excluindo artigos publicados em forma de resumo/abstract, estudos de caso, artigos referentes a cirurgias abdominais e neurológicas, pacientes com pneumotórax e instabilidade hemodinâmica. **Resultados:** Foram recrutados de acordo com o levantamento de dados 145 artigos, destes, 30 foram excluídos pelo título/resumo e 21 não se enquadraram nos critérios de inclusão, sendo 7 analisados na íntegra. Assim os estudos mostraram que o US é uma ferramenta que reduz a falha no desmame e extubação da VMI. **Considerações finais:** A utilização do US diafragmático como ferramenta para auxiliar o desmame de pacientes sob suporte de VMI, mostrou ser uma ferramenta eficaz e auxilia na redução do índice de falha pós extubação.

Palavra-chave: Ultrassom; Ventilação Pulmonar; Desmame do Respirador; Especialidade de Fisioterapia; Reabilitação.

ABSTRACT

Introduction: Critically ill patients commonly evolve with the need for invasive mechanical ventilation (IMV), however, during the use of IMV the diaphragm is not actively contracted, which can lead to contractile dysfunction and resulting several complications. Therefore, as soon as the patient presents clinical conditions, the removal of invasive support should be performed, however, deciding the ideal time for extubation can be a challenge. Diaphragmatic ultrasonography (US) is a safe tool used by the bedside to assess diaphragm function and predict weaning results.

Objective: To identify the efficacy of ultra som diaphragmatic as a predictor of successful weaning and extubation in mechanically ventilated adult patients.

Methodological Design: An integrative review of the literature was performed in the following databases: Pubmed/MEDLINE, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), and Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (Lilacs) and Physiotherapy Evidence Database PEDro, seeking articles from the last 7 years, without linguistic restriction, with randomized clinical trials and cohort design. And including articles published in summary/abstract form, case studies, articles on abdominal and neurological surgeries, and patients with pneumothorax and hemodynamic instability. **Results:** 145 articles were recruited according to the data collection, of which 30 were excluded by title/abstract and 21 did not fit the inclusion criteria, 7 of which were fully analyzed. Thus studies have shown that US is a tool that reduces failure in weaning and extubation of IMV. **Final considerations:** The use of diaphragmatic US to assist weaning patients under IMV proved to be an effective tool and help reduce the post-extubation failure rate.

Keywords: Ultrasound; Pulmonary Ventilation; Weaning from the Respirator; Physiotherapy Specialty; Rehabilitation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	Utilização da ventilação mecânica invasiva e desmame ventilatório.....	10
2.2	Comprometimento muscular diafragmático devido à ventilação mecânica.....	11
2.3	Utilização do ultrassom diafragmático no desmame ventilatório e sucesso de extubação.....	12
2.4	Avaliação ecográfica e aplicação da técnica de ultrassom diafragmático.....	13
3	DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	14
4	RESULTADOS.....	16
5	DISCUSSÃO	21
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Pacientes críticos e com alto risco de vida comumente evoluem com a necessidade de ventilação mecânica invasiva (VMI) (DONG *et al.*, 2017). Aproximadamente 5-13% desses pacientes apresentam insuficiência respiratória crônica e requer VMI prolongada (HUANG *et al.*, 2022) e 40% dos pacientes ventilados mecanicamente apresentam dificuldades durante o desmame da VMI devido a múltiplos fatores. A dificuldade no desmame leva a um pior prognóstico e aumento de 12% na mortalidade em comparação com pacientes sem problemas de desmame (DOT *et al.*, 2016).

Apesar da VMI ser uma ferramenta bastante utilizada em casos de desconforto respiratório agudo, doenças cardíacas e outras situações clínicas. Durante a VMI, o diafragma não está ativamente contraído, o que pode levar à disfunção contrátil e atrofia do diafragma em 24h em animais de laboratório e humanos (ALVAREZ *et al.*, 2017). Músculos atrofiados perdem força e a excursão do diafragma é diminuída devido à redução da área de secção transversa das fibras musculares, manifestando-se como perda da capacidade inspiratória (DOT *et al.*, 2016).

Por isso, assim que o paciente apresentar condições clínicas favoráveis, a retirada do suporte invasivo deve ser realizada; no entanto, decidir o momento ideal para a extubação em pacientes ventilados mecanicamente pode ser um desafio e as ferramentas tradicionais de previsão de desmame não são muito precisas (ALVAREZ *et al.*, 2017). As diretrizes atuais para o desmame recomendam o teste de respiração espontânea (TRE) como uma ferramenta para prever o resultado do desmame; entretanto, 13% a 26% dos pacientes que são extubados após um TRE bem-sucedido precisam ser reintubados em 48 horas (CAIFENG *et al.*, 2018).

Além do TRE, outros parâmetros têm sido usados para prever a falha do desmame, incluindo índice de respiração rápida e superficial (IRRS), ventilação minuto (VE) e pressão inspiratória máxima (Pimáx), mas nenhum mostrou grande precisão prognóstica (CAIFENG *et al.*, 2018). Nos últimos tempos, a ultrassonografia diafragmática (US) surgiu como uma ferramenta segura, sem radiação, à beira leito para avaliação da função do diafragma e previsão do resultado do desmame (MATAMIS *et al.*, 2013).

O US fornece informações morfológicas e funcionais em tempo real, consegue mensurar excursão do diafragma (ED), que mede a distância que o

diafragma consegue percorrer durante o ciclo respiratório e fração de espessura do diafragma (DTF), dentre outras variáveis (MATAMIS *et al.*, 2013). Sendo o diafragma um dos principais músculos da respiração e a sua integridade é essencial para o sucesso do desmame.

Neste contexto, a disfunção diafragmática (DD) é caracterizada como a perda parcial ou completa da força muscular, resultando na redução da capacidade inspiratória e da resistência dos músculos respiratórios associada à fraqueza ou paralisia diafragmática que pode afetar os dois hemidiafragmas ou apenas um deles. Em virtude de sua apresentação inespecífica, a DD é subdiagnosticada na prática clínica (MCCOLL *et al.*, 2012).

A fraqueza ou redução da mobilidade diafragmática resulta em uma diminuição da mobilidade e espessura do diafragma. O US é comprovadamente um bom preditor de insucesso do desmame da ventilação mecânica, a técnica tornou viável e reproduzível na medição da mobilidade diafragmática e na espessura do diafragma, comprovada no estudo de Santana *et al.*, (2016), onde foi observado que na prática clínica o US do diafragma apresenta elevada sensibilidade e especificidade para identificar a redução da mobilidade diafragmática (SANTANA *et al.*, 2016).

Portanto, a partir do exposto, essa revisão integrativa tem por objetivo identificar a eficácia do ultrassom diafragmático como preditor de sucesso do desmame e extubação em pacientes adultos ventilados mecanicamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Utilização da ventilação mecânica invasiva e desmame ventilatório

A necessidade do suporte ventilatório é indicada por diversas situações, normalmente quando existem sinais clínicos ou laboratoriais de que o paciente não consegue manter as vias respiratórias desimpedidas, oxigenação ou ventilação adequada. Apesar dos benefícios, a VMI prolongada traz complicações; logo, os pacientes devem ser desmamados do suporte ventilatório uma vez que estejam aptos a lidar com a carga respiratória a fim de evitar disfunção diafragmática e infecção (ESTEBAM *et al.*, 2002).

No entanto, o desmame deve ser realizado no momento ideal para evitar insucessos. A falha no desmame é definida como a necessidade de ventilação mecânica invasiva ou não invasiva em até 48 horas pós-retirada do suporte

ventilatório e extubação, sendo um ato extremamente comum. Cerca de 20% dos pacientes ventilados mecanicamente enfrentam falha no desmame e necessitam de reintubação (HUDSON *et al.*, 2012).

A falha do desmame pode estar associada a diversos motivos, dentre os principais estão o aumento da mortalidade variando entre 40% e 50%, necessidade de ventilação mecânica prolongada e tempo de permanência na unidade de terapia intensiva (UTI). O atraso no desmame do ventilador aumenta os riscos inerentes à ventilação mecânica, como barotrauma, pneumonia associada ao ventilador e atrofia diafragmática induzida pelo ventilador (SELLARES *et al.*, 2011; HUDSON *et al.*, 2012).

2.2 Comprometimento muscular diafragmático devido à ventilação mecânica

O diafragma é uma estrutura de tendão muscular membranosa, central, fina e em forma de cúpula, que separa a cavidade torácica e abdominal. Em condições normais, a contração do diafragma aumenta a altura interna da cavidade torácica e provoca a inspiração do ar, já o seu relaxamento leva à expiração (WELVAART *et al.*, 2011).

Apesar disso, o diafragma é vulnerável a danos causados por hipotensão, hipóxia e sepse, que são muito comuns em pacientes críticos ventilados mecanicamente (KHAN *et al.*, 2008; HERRIDGE *et al.*, 2008). Um estudo realizado por Demoule *et al.*, (2016), observou que 80% dos pacientes de UTI que recebem VMI exibem um padrão alterado de fraqueza do diafragma adquirida na UTI após o primeiro uso de VMI (DEMOULE *et al.*, 2016).

A VMI diminui a força do diafragma, causa atrofia muscular dos membros, além de debilitar o estado funcional do paciente. Por ser o principal músculo da respiração, o diafragma também é o mais prejudicado em decorrência do suporte ventilatório invasivo. A debilitação da força e resistência diafragmática leva à dependência de ventiladores (CALLAHAN *et al.*, 2014).

A fraqueza diafragmática é uma consequência frequentemente comum em decorrência da VMI, entretanto, o diagnóstico da DD é difícil, particularmente na fase inicial da redução da força muscular. Uma vez instalada, a fraqueza muscular reflete em uma diminuição importante na força contrátil do diafragma, repercutindo no volume e capacidade pulmonar como um todo (HUDSON *et al.*, 2012).

Um estudo realizado por Jaber *et al.*, (2010), observou a presença de lesões ultra-estruturais nas fibras musculares do diafragma, caracterizadas principalmente pela ruptura da organização miofibrilar normal e ressaltou que tanto as lesões ultra-estruturais quanto a atrofia das fibras do diafragma nos doentes, correlacionam-se com o tempo total da duração da VM, além disso, a VM prolongada leva a um aumento do stress oxidativo, atrofia da fibra muscular e proteólise, bem como a ativação de várias vias proteolíticas principais (JABER *et al.*, 2010).

2.3 Utilização do ultrassom diafragmático no desmame ventilatório e sucesso da extubação

A ultrassonografia diafragmática é uma técnica útil para avaliar a anatomia e função do diafragma, especificamente a excursão e o espessamento diafragmático (ALERHAND *et al.*, 2013). O aparelho de ultrassonografia deve estar equipado com um transdutor convexo de 2,5 - 5,0 MHz e um transdutor linear de 7,5 - 10,0 MHz. Em virtude da portabilidade do equipamento, a ultrassonografia diafragmática é um procedimento que pode ser facilmente realizado ambulatoriamente ou à beira do leito na enfermaria, UTI ou pronto-socorro (SARWAL *et al.*, 2013).

Como há menos variabilidade e maior reprodutibilidade na posição supina, esta é a posição ideal para a realização da ultrassonografia diafragmática (ALERHAND *et al.*, 2013). No US, o diafragma pode ser explorado através de duas janelas acústicas: sobre a região subcostal, onde mostra o diafragma como uma estrutura curvada profunda que separa o tórax do abdome e através da janela da ZA, pode-se identificar o diafragma como uma estrutura de três camadas, a US permite a medição da mobilidade e espessura diafragmática (BOON *et al.*, 2013; BOUSSUGES *et al.*, 2009).

Para quantificar a mobilidade e o espessamento diafragmático de maneira objetiva, é preciso avaliar pelo menos três imagens e calcular a média dos valores. (CARRILLO-ESPER *et al.*, 2016). Em pacientes com suporte invasivo, o US é aplicado, contanto que não estejam sendo usados bloqueadores neuromusculares e que o ventilador seja acionado no modo de ventilação assistida. A excursão diafragmática < 10 mm é o critério mais usado para o diagnóstico de disfunção diafragmática em pacientes em estado crítico, estando relacionado com desfechos adversos, maior tempo de VM e desmame, além de maior mortalidade (UMBRELLO *et al.*, 2015; VIVIER *et al.*, 2012).

No desmame da VM, o US diafragmático pode ser usado para prever o desfecho da retirada do suporte ventilatório. Durante o TRE, verificou-se que valores de corte de excursão diafragmática < 14 mm e < 11 mm previram desmame mal sucedido, assim como valores de fração de espessamento $< 20\%$, $< 30\%$ e $< 36\%$ (FERRARI *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2020).

2.4 Avaliação ecográfica e aplicação da técnica do ultrassom diafragmático

Existem diversos métodos de realizar uma avaliação diafragmática, contudo, o método considerado padrão-ouro para avaliação da função diafragmática em adultos é a medição da pressão transdiafragmática através de balões esofágico e gástrico ou da estimulação magnética do nervo frênico, sendo estes métodos de avaliação invasivos e difíceis de executar à beira leito (ZAMBOM *et al.*, 2017).

Dessa forma, a ecografia diafragmática vem crescendo como uma técnica promissora para avaliar a morfologia e a atividade contráctil do diafragma, sendo uma forma de avaliação na modalidade imagiológica, segura, não invasiva, indolor, desprovida de radiação e que se provou ser custo-efetiva e de fácil execução em pacientes sob VMI (DIONÍSIO *et al.*, 2019). Na maioria dos estudos, essa técnica tem demonstrado em sua aplicação que é capaz de ultrapassar as limitações das restantes modalidades de avaliação diafragmática (DIONÍSIO *et al.*, 2019).

Os parâmetros ecográficos mais estudados são a espessura, a excursão e a fração de espessamento diafragmático (FED), permitindo identificar a ocorrência de disfunção/paralisia e avaliar a variação da espessura diafragmática em pacientes sob suporte ventilatório invasivo, utilizada como preditor do sucesso da VM ou falência da extubação (DOT *et al.*, 2017).

O US utiliza como método de avaliação uma estrutura fina, curvilínea e ecogênica, que se move em direção caudal com a inspiração, já a paralisia hemidiafragmática é observada pelo movimento ausente ou paradoxal da cúpula diafragmática; e a paresia é observada pela redução do movimento durante a inspiração. O US é realizado através de várias técnicas, incluindo o modo-B, no qual fornece informações espaciais como forma e estrutura, e modo-M, que oferece informações de movimentos e velocidades. Além de medições de alteração da espessura muscular (GERSCOVICH *et al.*, 2001).

3 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

3.1 Desenho do estudo

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura realizada no período de agosto a novembro de 2022, que emerge como uma metodologia que proporciona a síntese do conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática (SOUZA *et al.*, 2010).

3.2 Estratégia de busca

A busca de dados para análise foi realizada utilizando como bases de dados a *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE)*, via *PUBMED*, a Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) via Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), a *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)* e *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*. Como estratégia de busca, foram realizadas combinações dos descritores indexados no Medical Subject Headings (MeSH) e no Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) utilizando o operador booleano “AND” através da ferramenta de busca em cada base de dados para abranger os resultados da pesquisa.

Houve a utilização dos seguintes Descritores Em Ciências da Saúde (DECs): “Diafragma”, “Ultrassom de intervenção”, “Respiração artificial”, “Extubação”, “Especialidade de fisioterapia”, “Desmame do respirador”, “Pesquisa de reabilitação” e de acordo com o *Medical Subject Headings (Mesh)*: “*Diaphragm*”, “*Respiration, artificial*”, “*Airway extubation*”, “*Ventilador weaning*”, “*Ultrasonography, interventional*”, “*Physical therapy specialty*”, “*Rehabilitation research*”. Conforme descrito no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Estratégias de buscas nas bases de dados.

Base de dados	Estratégia de busca
MEDLINE via PubMed	(Diaphragm) AND (Ultrasonography, Interventional) AND (Respiration, Artificial) AND (Airway Extubation)
LILACS via BVS	(Desmame do Respirador) AND (Ultrassom de intervenção) (Respiração Artificial) AND (Extubação)
PE德罗	(Ventilator Weaning) AND (Ultrasonography, Interventional) AND (Physical Therapy Specialty) AND (Respiration, Artificial) AND (Airway Extubation) AND (Rehabilitation Research)
Scielo	(Respiration, Artificial) AND (Airway Extubation) AND (Rehabilitation Research)

Fonte: Autoria própria.

3.3 Critério de elegibilidade

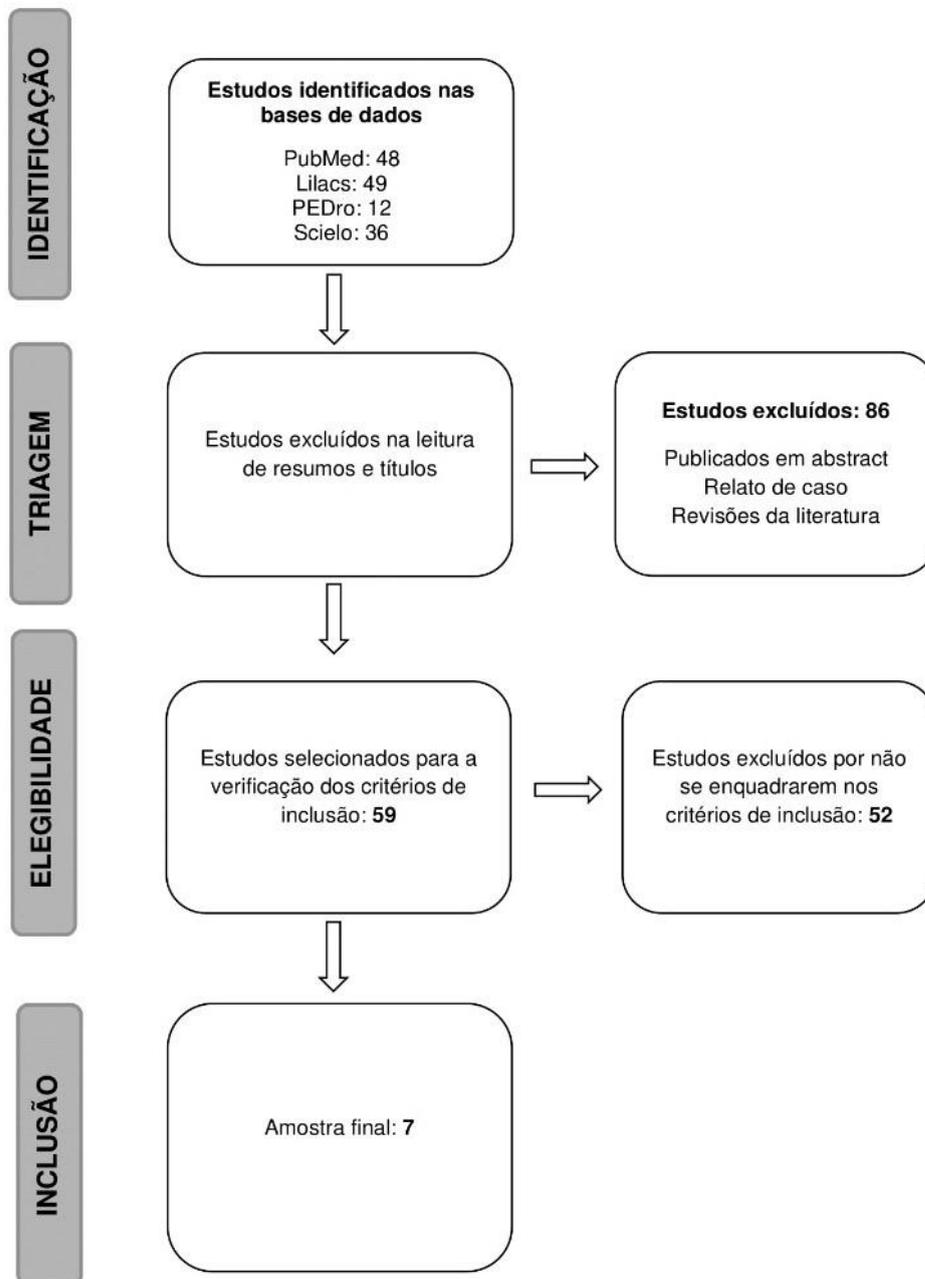
Como critério de elegibilidade, foram incluídos artigos disponíveis online na íntegra, sem restrição linguística e artigos publicados nos últimos 7 anos, com delineamentos do tipo ensaios clínicos aleatórios ou randomizados e coortes, que retratasse a aplicabilidade do US diafragmático e seu efeito no desmame ventilatório em pacientes adultos críticos internados na UTI.

Foram excluídos artigos que se referem a pacientes com cirurgias abdominais e neurológicas prévias, drenos torácicos no local da avaliação, pneumotórax e pacientes em instabilidade hemodinâmica, além de artigos publicados em forma de resumo/abstract, estudo de caso e estudos incompletos e duplicados.

4 RESULTADOS

Após a identificação dos estudos através das bases de dados, identificou-se um total de 145 artigos, onde houve uma perda desses artigos após a análise dos resumos e títulos dos mesmos e por apresentarem temas amplos, de modo que a amostra final foi composta por 7 artigos conforme o fluxograma de seleção exposta na **Figura 1**.

Figura 1. Fluxograma da seleção de artigo para a elaboração da revisão.



Fonte: Figura produzida pelos próprios autores.

Para a exposição dos resultados, foi utilizado o **Quadro 2** que permitiu a organização das informações obtidas em coluna contendo nome dos autores, ano de publicação, tipo de estudo, amostra, objetivos, intervenções, resultados e conclusão.

Quadro 2 – Descrição dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Tipo de estudo	Amostra	Objetivo	Intervenções	Resultados	Conclusão
Hayat <i>et al.</i> , 2017	Estudo de coorte prospectivo	100 pacientes elegíveis	Avaliar a excursão diafragmática e seu resultado no desmame da ventilação mecânica.	Medida de US de excursão diafragmática máxima (MDE) ao longo da linha axilar posterior esquerda e anterior direita e medindo os deslocamentos do fígado e do baço.	Em uma excursão diafragmática maior que 1,2 cm, dos 67 casos, 60 tiveram sucesso no desmame (89,55%), enquanto 7 casos (10,45%) tiveram falha no desmame. Em uma excursão de menor que 1,2 cm, 17 dos 33 casos (51,5%) tiveram desmame bem sucedido, enquanto 16 (48,48%) tiveram falha no desmame.	A medição ultrassonográfica da excursão diafragmática é um bom método para prever o resultado do desmame da ventilação mecânica.
Liu <i>et al.</i> , 2017	Estudo de coorte	Um total de 98 pacientes foram incluídos (74 com sucesso no desmame e 24 com falha).	Testar a capacidade da função cardíaca e do diafragma avaliada por ultrassom a beira do leito para prever falha no desmame e na extubação.	Submetidos a US de excursão diafragmática e demais variáveis avaliadas pelo TRE em peça T, pressão de oclusão de vias aéreas em 0,1 seg (P(0,1)), Pimáx, índice de respiração rápida e superficial (IRRS) e P(0,1)/Pimáx.	A sensibilidade da excursão diafragmática para prever o desmame bem sucedido foi de 89,2% e a especificidade foi de 75,0%.	Como preditor precoce de disfunção diafragmática, a excursão diafragmática é provavelmente superior aos parâmetros tradicionais na predição do desmame do ventilador em pacientes de UTI.

Theerawit <i>et al.</i> , 2018	Estudo de coorte prospectivo	68 pacientes submetidos à VMI, divididos em grupo com sucesso no desmame e grupo com falha no desmame.	Investigar a função diafragmática em termos de movimento diafragmático e função contrátil usando durante o período de desmame.	US a beira do leito realizada no final de uma tentativa de respiração espontânea.	A média de TPIAdia foi significativamente maior no grupo de sucesso de desmame e a excursão inspiratória diafragmática, DTD e TFdi foram associados à reintubação em 48 horas.	Dentre os parâmetros diafragmáticos, o TPIAdia apresenta bom desempenho em prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica.
González-Aguirre <i>et al.</i> , 2019	Ensaio randomizado controlado	Foram incluídos 82 pacientes.	Avaliar se a combinação da avaliação ultrassonográfica torácica da DSF e o número de zonas pulmonares com linhas B poderia melhorar a previsão de falha de extubação.	No TRE bem sucedido, medimos a DSF.	Em pacientes com TRE de sucesso, a ausência de linhas B diminui significativamente a probabilidade de falha da extubação.	A análise da DSF combinada com ultrassom pulmonar melhora a previsão de falha de extubação.
Elshazly <i>et al.</i> , 2020	Ensaio clínico	Amostra composta por 62 pacientes em VMI.	Determinar se a medição da função diafragmática por US pode ser usada para prever o sucesso da extubação e determinar os valores de corte para prever o sucesso ou fracasso da extubação.	O US transtorácico do diafragma foi realizado durante um TRE para avaliar a função diafragmática (excursão e espessura).	Houve um aumento no grupo de extubação bem sucedida na excursão diafragmática e fração de espessura. O valor de corte da excursão diafragmática preditivo de desmame foi de 1,25cm, com especificidade de 82,1% e sensibilidade de 97,1%, respectivamente, e o valor de corte da espessura diafragmática preditivo de desmame foi de 21,5%, com especificidade de 60,7% e sensibilidade de 91,2%.	O uso do US como uma ferramenta promissora no desmame da VMI.

Li <i>et al.</i> , 2021	Estudo de coorte prospectivo	101 pacientes em VMI divididos em grupo de desmame bem sucedido (n=69) e grupo de desmame com falha (n=32).	Examinar a utilidade clínica de parâmetros diafragmáticos para prever sucesso da extubação.	DE e DTF foram medidos por US beira leito para avaliar a função do diafragma. O escore de LUS e o IRRS foram usados como índices da função do diafragma para prever o resultado do desmame da ventilação mecânica.	Mediana de excursão diafragmática (DE) foi maior em pacientes com sucesso de extubação do que naqueles com falha. Pacientes com sucesso de extubação apresentaram DTF maior do que aqueles com falha na extubação.	A fração de espessamento do diafragma tem maior sensibilidade e especificidade para a predição do sucesso do desmame em pacientes idosos do que os outros parâmetros examinados.
Yoo <i>et al.</i> , 2018	Estudo de coorte prospectivo	População total de 60 pacientes por mais de 48 horas de VMI.	Comparar a utilidade clínica de dois parâmetros diafragmáticos para prever o sucesso da extubação.	A função do diafragma foi avaliada no hemidiafragma direito. As tentativas de desmame consistiram em uso da peça T e pressão de suporte.	O grau médio de excursão foi maior em pacientes com sucesso na extubação (1,65 cm). Os pacientes com sucesso na extubação tiveram um Δt_{di} maior do que aqueles com falha na extubação (42,1%).	A excursão do diafragma parece ser mais precisa do que uma mudança na espessura do diafragma para prever o sucesso da extubação.

Legenda: A diferença de DT (DTD); Escore de ultrassom pulmonar (LUS); Espessura diafragmática (DT); Excursão diafragmática (DE); Excursão diafragmática máxima (MDE); Fração de encurtamento diafragmático (DSF); Fração de espessamento do diafragma (DTF); Fração de espessamento do diafragma (TFdi); Índice de respiração rápida e superficial (IRRS); Índice de respiração rápida superficial (IRRS); Medical Research Council (MRC); Pressão inspiratória máxima (Pimáx); Tempo até o pico da amplitude inspiratória do diafragma (TPIA dia); Teste de respiração espontânea (TRE); Ultrassonografia (US); Unidade de terapia intensiva (UTI); Ventilação mecânica (VM); Ventilação mecânica invasiva (VMI); Porcentagem de alteração de espessamento ($\Delta tdi\%$).

Ao analisar os 7 estudos selecionados conforme os critérios de inclusão, foi possível observar que o US conseguiu prever o sucesso do desmame, visto por Liu *et al.*, (2017) e Hayat *et al.*, (2017) no qual observaram um êxito na utilização do US para prever o sucesso no desmame de 89,2% e 89,55%.

O estudo de González-Aguirre *et al.*, (2019) ao analisar a espessura diafragmática durante o teste de respiração espontânea (TRE) foi possível observar que quanto menor a espessura do diafragma, maior o risco de falha no desmame, resultados semelhantes foi visto no estudo de Theerawit *et al.*, (2018).

A relação da espessura do diafragma com o sucesso do desmame, também foi observado no estudo de Elshazly *et al.*, (2020) e Liu *et al.*, (2021). Bem como a redução da espessura diafragmática esta diretamente relacionada à falha no desmame e interligada ao tempo de VM prolongado como visto no estudo de Dong *et al.*, (2021).

5 DISCUSSÃO

Segundo Dong *et al* (2021), a VMI é um fator de risco crítico para a fraqueza muscular diafragmática, consecutivamente, um fator que resulta na falha da extubação de pacientes críticos. A necessidade de reintubação impõe ao retardo da alta hospitalar e afeta negativamente a qualidade de vida dos pacientes, com isso, é necessário instituir a extubação no momento ideal a fim de evitar falha em tal processo.

De acordo com Elshazly *et al* (2020), uma forma de mensurar o momento ideal da extubação é através do US diafragmático. A US mostrou ser uma avaliação promissora na mensuração do sucesso no desmame da VM no artigo de Elshazly *et al* (2020), ao avaliar a função diafragmática (espessura e excursão) medida pelo ultrassom como preditor do resultado da extubação em 62 pacientes, foi observado um aumento estatisticamente significativo no grupo de extubação bem-sucedida na

excursão diafragmática e fração de espessura. O uso do US como preditor no sucesso do desmame foi visto em todos os artigos incluídos no presente estudo.

Corroborando tais achados, um estudo prospectivo, observacional realizado por Hayat *et al* (2017), com 100 pacientes, buscou avaliar a capacidade do US diafragmático em prever o sucesso no desmame através da excursão diafragmática (DE). 89% dos pacientes que evoluíram com sucesso no desmame, obtiveram uma DE maior que 1,2 cm; já 51,5% dos pacientes que evoluíram com desmame bem sucedido obtiveram uma DE menor que 1,2 cm; com isso, o estudo observou que a excursão diafragmática é um bom método para prever o resultado do desmame da ventilação mecânica.

Um estudo realizado por Liu *et al* (2017), com 98 pacientes, avaliou a excursão do diafragma e analisou o valor na predição do desmame da ventilação. Utilizou como método de avaliação o TRE, pressão de oclusão das vias aéreas em 0,1 seg (P(0,1)) e Pimáx, foram medidos e calculados. Durante o período do TRE, a excursão do diafragma foi medida com ultrassonografia, a amostra incluiu pacientes em suporte ventilatório por mais de 48 horas de ventilação, 74 pacientes apresentaram sucesso no desmame e 24 falha. O estudo concluiu que como preditor precoce de disfunção diafragmática, a excursão diafragmática é provavelmente superior aos parâmetros tradicionais na predição do desmame do ventilador em pacientes de UTI.

Neste contexto, um estudo prospectivo, realizado por Theerawit *et al* (2018), investigou o desempenho de vários parâmetros ultrassonográficos da função diafragmática para prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica em 62 pacientes subdivididos em 2 grupos, um grupo com sucesso no desmame e outro com falha. O estudo observou que os pacientes que evoluíram com sucesso no desmame apresentaram maior amplitude inspiratória máxima do diafragma no grupo com sucesso do desmame. Dentre os parâmetros diafragmáticos, a espessura do diafragma apresenta bom desempenho em prever o sucesso do desmame em pacientes ventilados mecanicamente.

González-Aguirre *et al* (2019) avaliaram a fração de encurtamento diafragmático (DSF) pela fórmula: espessura diafragmática ao final da inspiração - espessura diafragmática ao final da expiração/espessura diafragmática ao final da expiraçãox100 e a presença de linhas B em cinco regiões do pulmão direito e esquerdo, com o intuito de determinar se a análise de DSF combinada com US

pulmonar melhora a previsão de falha na extubação. Dos 82 pacientes incluídos no estudo, 24 falharam na extubação e o número de regiões de linhas B foi relacionado à falha de extubação. Com isso, foi possível observar que em pacientes com TRE de sucesso a ausência de linhas B diminui significativamente a probabilidade de falha da extubação.

Assim como González-Aguirre *et al* (2019), um estudo prospectivo realizado por Li *et al* (2021), com 101 pacientes que foram submetidos à avaliação com US 24 horas pós extubação, divididos em grupo de desmame bem sucedido e falha no desmame. O estudo observou que os pacientes com sucesso de extubação apresentaram fração de espessamento do diafragma (DTF) maior do que aqueles com falha de extubação e que o DTF tem maior sensibilidade e especificidade para predição do sucesso do desmame em pacientes idosos do que os outros parâmetros examinados.

Yoo *et al* (2018) objetivou comparar dois parâmetros diafragmáticos para prever sucesso da extubação. Dos 60 pacientes incluídos no estudo, 13 falharam na extubação. O estudo observou que o grau médio de excursão foi maior em pacientes com sucesso na extubação do que naqueles com falha (1,65 cm vs. 0,8 cm), além disso, os pacientes com sucesso na extubação tiveram um $\Delta tdi\%$ maior do que aqueles com falha (42,1% vs. 22,5%). Com isso, o estudo concluiu que a excursão do diafragma parece mais precisa do que uma mudança na espessura do diafragma para prever o sucesso da extubação.

Um ensaio clínico randomizado elaborado por Dong *et al* (2021), com 80 pacientes em suporte de VMI por mais de 72 horas, onde os pacientes foram divididos aleatoriamente em um grupo de reabilitação (n = 39) e um grupo controle (n = 41). A terapia de reabilitação incluiu seis níveis de exercícios e a função do diafragma foi analisada usando US diafragmático. O estudo concluiu que a reabilitação precoce é viável e benéfica para melhorar a disfunção diafragmática induzida por VM prolongada e retirada antecipada do ventilador e extubação em pacientes sob VMI.

A disfunção do diafragma tem sido cada vez mais reconhecida como a principal razão para o desmame difícil ou falha no desmame da VMI e a mensuração da função do diafragma usando US tem o potencial de prever os resultados do desmame. No entanto, são necessários mais estudos prospectivos usando o US como preditor de desmame ventilatório.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do US diafragmático como ferramenta para auxiliar o desmame de pacientes sob suporte de VMI mostrou ser uma ferramenta eficaz, além de auxiliar na redução da taxa de falha de extubação.

Dentre as variáveis ultrassonográficas mais avaliadas pelos autores da atualidade, encontra-se a espessura diafragmática, fração de espessamento e a excursão diafragmática. No entanto, o emprego do US beira leito deve ser melhor estudado.

Entretanto, torna-se necessária a construção de novas pesquisas com maior rigor metodológico e sugestões de protocolos assistenciais, além de condições favoráveis à expansão desta técnica.

REFERÊNCIAS

ALERHAND, S.; GRAUMANN, O.; NELSON, B. P. Physics and basic principles. **Thoracic Ultrasound**, London, v.79, p.1-13, 2018.

ÁLVAREZ, A. M.; TENZA-LOZANO, E. M.; LATOUR-PÉREZ, J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. **Chest Journal**, Spain, v. 152, n. 6, p. 1140-1150, dez. 2017.

BOON, A. J. et al. Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. **Muscle Nerve**, Minnesota, v. 47, n. 6, p. 884-889, jun. 2013.

BOUSSUGES, A. et al. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. **Chest Journal**, Toulon Armées, v. 135, n. 2, p. 391-400, fev. 2009.

CALLAHAN, L. A.; SUPINSKI, G. S. Hyperglycemia-induced diaphragm weakness is mediated by oxidative stress. **Critical Care**, Lexington, v. 88, n. 18, mai. 2014.

CARRILLO-ESPER R. et al. Standardization of Sonographic Diaphragm Thickness Evaluations in Healthy Volunteers. **Respiratory Care**, Mexico City, v. 61, n. 7, p. 920-924, jul. 2016.

DEMOULE, A. et al. Patterns of diaphragm function in critically ill patients receiving prolonged mechanical ventilation: a prospective longitudinal study. **Ann. intensive Care**, Paris, v. 6, n. 75, jul. 2016.

DIONÍSIO, M. T. et al. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in children. **Acta Med Port**, Italy, v. 32, n. 8, p. 520-528, jan. 2019.

DONG, Z. et al. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation: a randomised control study. **BMC Pulmonary Medicine**, Shandong, v. 21, n. 1, p. 106, mar. 2021.

DOT, I. et al. Disfunción diafragmática: una realidad en el paciente ventilado mecánicamente. **Arch Bronconeumol**, Barcelona, v. 53, n. 3, p. 150-156, mar. 2017.

ELSHAZLY, M. I. 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**, Cairo, v. 83, n. 4, p. 295-302, ago. 2020.

ESTEBAN, A. et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. **JAMA**, Madrid, v. 16, n. 3, p. 345-355, jan. 2002.

FERRARI, G. et al. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. **The Ultrasound Journal**, Italy, v. 6, n. 1, p. 8, jun. 2014.

GERSCOVICH, E. O. et al. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. **J Ultrasound Med**, Sacramento, v. 20, n. 6, p. 597-604, jun. 2001.

GONZÁLEZ-AGUIRRE, J. E. et al. Pulmonary ultrasound and diaphragmatic shortening fraction combined analysis for extubation-failure-prediction in critical care patients. **Arch Bronconeumol**, Monterrey, v. 55, n. 4, p. 195-200, abr. 2019.

HAYAT, A. et al. Diaphragmatic Excursion: Does it Predict Successful Weaning from Mechanical Ventilation?. **Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan**. Rawalpindi, v. 27, n. 12, p. 743-746, dez. 2017.

HERRIDGE, M. S.; BATT, J.; HOPKINS, R. O. The pathophysiology of long-term neuromuscular and cognitive outcomes following critical illness. **Crit Care Clin**, Toronto, v. 24, n. 1, p. 179-99, jan. 2008.

HUANG; H. Y.; HUANG, C. Y.; LI, L. F. Prolonged Mechanical Ventilation: Results and Management. **J Clin Med**, Taiwan, v. 11, n. 9, p. 2451, abr. 2022.

HUDSON, M. B. et al. Both high-level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. **Crit Care Med**, Gainesville, v. 40, n. 4, p. 1254-60, abr. 2012.

JABER, S. et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. **J Respir Crit Care Med**, Montpellier, v. 183, n. 3, p. 364-371, fev. 2011.

KHAN, J.; HARRISON, T. B.; RICH, M. M. Mechanisms of neuromuscular dysfunction in critical illness. **Crit Care Clin**, Dayton, v. 24, n. 1, p. 165, jan. 2009.

LI, C. et al. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: A meta-analysis. **Medicine**, Tianjin, v. 97, n. 22, jun. 2018.

LING, L. et al. Different effects of cardiac and diaphragm function assessed by ultrasound on extubation outcomes in difficult-to-wean patients: a cohort study. **BMC Pulmonary Medicine**, Chaoyang District, v. 17, n. 161, dez. 2017.

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**, Haidian District, v. 21, n. 217, p.801-10, jul. 2021.

LU, Z. et al. Diaphragmatic Dysfunction Is Characterized by Increased Duration of Mechanical Ventilation in Subjects With Prolonged Weaning. **Respir Care**, Hangzhou, v. 61, n. 10, p. 1316-1322, out. 2016.

MATAMIS, D. et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. **Intensive Care Med**, Thessaloniki, v. 39, n. 5, p. 801-10, mai. 2013.

MCCOOL, F. D; TZELEPIS, G. Dysfunction of the diaphragm. **N Engl J Med**, Atenas, v. 8, n. 10, p. 932-42, mar. 2012.

SANTANA, P. V. et al. Ultrassonografia diafragmática: uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. **J Bras Pneumol**, São Paulo, v. 46, n. 6. p. e20200064, mai. 2020.

SANTANA, P. V. et al. Identificação da diminuição da mobilidade diafragmática e do espessamento diafragmático na doença pulmonar intersticial: utilidade da ultrassonografia. **J Bras Pneumol**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 88-94, jan. 2016.

SARWAL, A.; WALKER, F. O.; CARTWRIGHT, M. S. Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. **Muscle Nerve**, North Carolina, v. 47, n. 3, p. 319-329, mar. 2013.

SELLARES, J. et al. Predictors of prolonged weaning and survival during ventilatory weaning in a respiratory ICU. **Medicina Intensiva**, Barcelona, v. 37, p. 775-784, mar. 2011.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. integrative review: what is it? How to do it?. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, mar. 2010.

THEERAWIT, P. et al. Diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning outcomes. **BMC Pulmonary Medicine**, Bangkok, v. 18, n. 175, nov. 2018.

UMBRELLO, M. et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study. **Crit Care**, Italy, v. 19, n. 1, p. 161, abr. 2015.

VIVIER, E. et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non- invasive ventilation. **Intensive Care Med**, Créteil Cedex, v. 38, n. 5, p. 796-803, mai. 2012.

WELVAART, M. et al. Selective diaphragm muscle weakness after contractile inactivity during thoracic surgery. **Ann Surg**, Amsterdam, v. 254, n. 6, p. 1044-1049, dez. 2011.

YOO, J. W. et al. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success. **Korean J Intern Med**, Changwon, v. 33, n. 2, p. 331-339, mar. 2018.

ZAMBON, M. et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. **Intensive Care Med**, Italy, v. 43, n. 1, p. 29-38, jan. 2017.