

Artigo de Revisão

Avaliação diafragmática através da ultrassonografia em pacientes ventilados mecanicamente: revisão sistemática**Diaphragmatic Evaluation Using Ultrasonography in Mechanically Ventilated Patients: Systematic Review**<http://dx.doi.org/10.18316/sdh.v12i2.10601>

Victória Duquia da Silva¹ ORCID: 0000-0001-8913-511X, Tauana Bandeira Gonçalves² ORCID: 0000-0003-2787-9302, Luiz Alberto Forgiarini Junior³ ORCID: 0000-0002-6706-2703.

RESUMO

Introdução: O uso de ventiladores mecânicos em pacientes críticos internados em Unidade de Terapia Intensiva acarreta em disfunções diafragmáticas, aumentando o tempo de internação e a mortalidade. **Objetivo:** revisar a literatura sobre a técnica de avaliação diafragmática utilizando o ultrassom em doentes críticos ventilados mecanicamente. **Materiais e métodos:** revisão sistemática realizada de acordo com a *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Guidelines* (PRISMA) entre os dias 06 e 12 de Janeiro de 2020 na base de dados Pubmed. Os termos MESH indexados foram "ventilation" AND "diaphragm" AND "ultrasonography". **Resultados** - as buscas nas bases de dados resultaram 308 artigos, após avaliação criteriosa foram incluídos no estudo 23 artigos. Por meio da revisão acerca da avaliação diafragmática através da ultrassonografia, observamos que em poucas horas de ventilação mecânica já é possível observar comprometimento diafragmático, a avaliação da fração de espessamento e excursão diafragmática podem prever sucesso ou falha no desmame e o uso da ventilação no modo ventilação em pressão de suporte (PSV) diminui a perda de espessura diafragmática e, até aumenta a espessura muscular. **Conclusão** - a ultrassonografia diafragmática é um método que fornece informações importantes para avaliação, e diagnóstico das disfunções diafragmáticas, contribuindo para o melhor desfecho clínico.

Palavras-chave: ventilação; cuidados críticos; diafragma; ultrassonografia; diagnóstico.

¹ Hospital Santa Casa de Misericórdia de Pelotas, RS, Brasil

² Hospital Escola da Universidade Federal de Pelotas – Rede Ebserh, Pelotas, RS, Brasil

³ Universidade Católica de Pelotas

* **Autor correspondente:** Luiz Alberto Forgiarini Junior. Av. José Aloisio Filho, 595 Porto Alegre-RS. Brasil. CEP. 90250-180. forgiarini.luiz@gmail.com

ABSTRACT

Introduction - The use of mechanical ventilators in critically ill patients hospitalized in the Intensive Care Unit leads to diaphragmatic dysfunctions, increasing the length of stay and mortality. **Objective** - to review the literature on the diaphragmatic evaluation technique using ultrasound in mechanically ventilated critically ill patients. **Materials and methods** - systematic review carried out in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Guidelines (PRISMA) between January 6th and 12th, 2020 in the Pubmed database. The MESH terms indexed were "ventilation" AND "diaphragm" AND "ultrasonography". **Results** - database searches resulted in 308 articles, after careful evaluation, 23 articles were included in the study. Through the review of diaphragmatic evaluation through ultrasound, we observed that in a few hours of mechanical ventilation it is already possible to observe diaphragmatic impairment, the evaluation of the thickness fraction and diaphragmatic excursion can predict success or failure in weaning and the use of ventilation in mode pressure support ventilation (PSV) decreases the loss of diaphragmatic thickness and even increases muscle thickness. **Conclusion** - Diaphragmatic ultrasound is a method that provides important information for the evaluation and diagnosis of diaphragmatic disorders, contributing to a better clinical outcome.

Keywords: ventilation; critical care; diaphragm; ultrasonography; diagnosis.

INTRODUÇÃO

Pacientes críticos, internados em unidades de terapia intensiva (UTIs) na sua grande maioria, fazem uso ventilação mecânica (VM) invasiva para tratamento de insuficiência respiratória aguda (IRpA) ou insuficiência respiratória crônica agudizada.⁽¹⁾ Porém, o uso prolongado de VM, pode acarretar em alterações do sistema muscular, como fraqueza da musculatura respiratória, periférica e disfunção diafragmática induzida pelo ventilador (DDIV).⁽²⁾

Os estudos apontam, que a ventilação mecânica controlada, mesmo por algumas horas, reduz os níveis de proteína miofibrilar do diafragma.^(3,4) Vários fatores podem estar subjacentes a essa condição, como aumento do estresse oxidativo, calpaína ativada por cálcio e caspase-3, sistema ubiquitina-proteassoma, via autofagia-lisossômica e proteínas pró-apoptóticas. Todos eles alteram a síntese e degradação de proteínas ocasionando déficits significativos na geração de força, e na resistência do músculo à fadiga.^(2,3,4)

A DDIV pode prolongar e dificultar o processo de desmame da ventilação mecânica, acarretando muitas vezes em falha na extubação, contribuindo para um pior prognóstico a longo prazo, aumento do tempo de internação e mortalidade na UTI e hospitalar.^(4,5) A classificação da disfunção diafragmática é determinada de acordo com a fração de espessamento máximo (Tdimax), sendo Tdimax durante a inspiração <20% o valor utilizado como referência.^(5,6)

Nos últimos anos, tem crescido o interesse por métodos de avaliação por imagem do diafragma. Para diagnóstico precoce e acompanhamento de uma DDIV, tem-se utilizado cada vez mais a ultrassonografia (USG), pois fornece informações morfológicas e funcionais do diafragma em tempo real, como a espessura e mobilidade do diafragma, além de ser um método rápido e prático por ser aplicado a beira leito e sem malefícios para o paciente.^(7,8) Alguns estudos demonstraram que a USG apresenta boa precisão e fácil reprodutibilidade tanto em indivíduos saudáveis, quanto em pacientes críticos.^(7,8,9) Por isso tem se tornado um método de avaliação cada vez mais utilizado, pela sua

velocidade de diagnóstico, custo baixo e fácil realização.^(7,9) Os dois principais parâmetros ultrassonográficos utilizados para avaliar a função diafragmática são: excursão e fração de espessamento do diafragma.⁽⁴⁾

O objetivo do presente estudo é revisar a literatura sobre a técnica de avaliação diafragmática utilizando o ultrassom em doentes críticos ventilados mecanicamente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática realizada de acordo com a *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Guidelines* (PRISMA).⁽¹⁰⁾ Uma estratégia de busca sistemática por meio dos termos MESH indexados "ventilation" AND "diaphragm" AND "ultrasonography" foram utilizados na base de dados eletrônica PubMed, a partir de 06 de Janeiro de 2020, com pesquisas concluídas em 12 de Janeiro de 2020.

Os títulos e os resumos dos artigos identificados na estratégia de busca foram avaliados em função dos critérios de elegibilidade por dois revisores independentes, graduadas em Fisioterapia, com experiência na área de Fisioterapia em Terapia Intensiva. O texto completo dos artigos foi obtido quando o resumo continha informações insuficientes sobre os critérios de inclusão e exclusão. Os dados dos artigos selecionados foram extraídos de forma independente por dois revisores. Quaisquer discrepâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso e, em casos de desacordo persistente, um terceiro revisor avaliou as publicações.

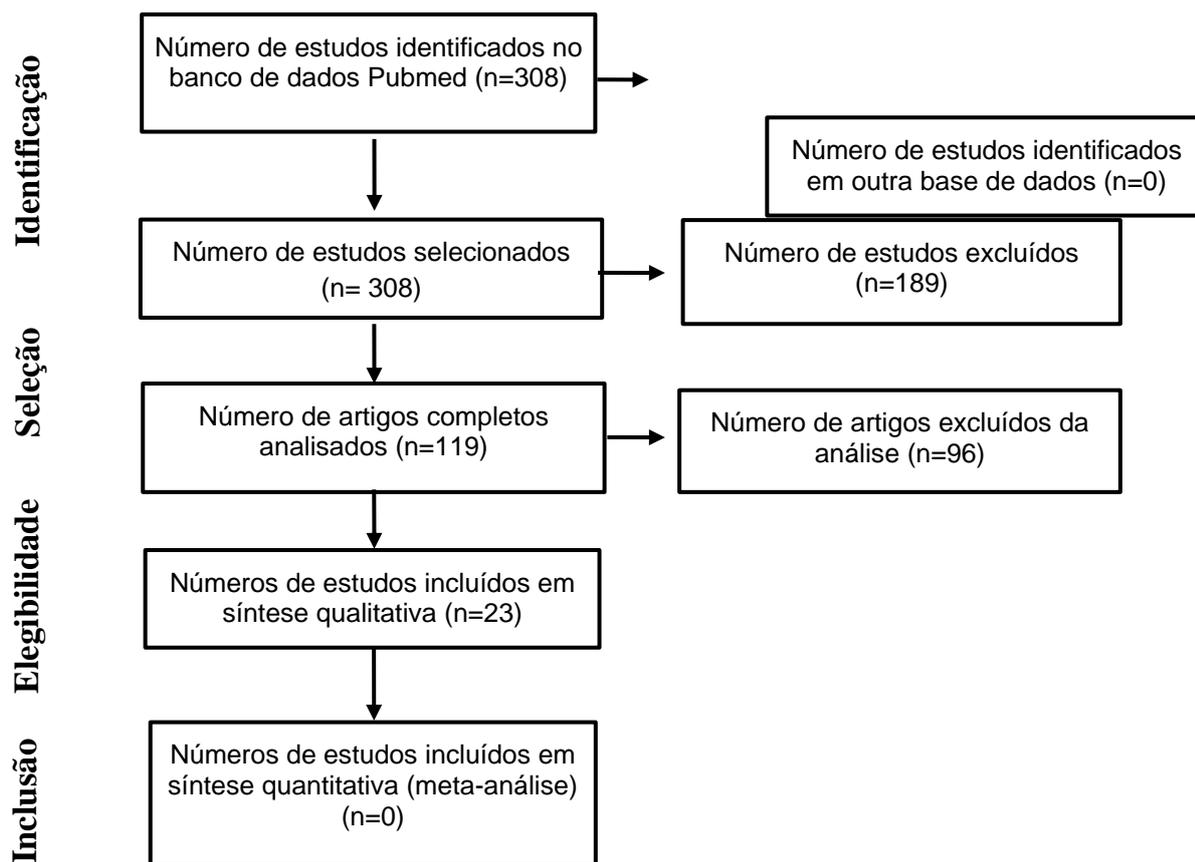
Os critérios de elegibilidade para inclusão dos artigos foram: Amostra composta por pacientes ventilados mecanicamente, avaliação diafragmática através do ultrassom/ecografia, pacientes aptos a iniciar o processo de desmame, estudos do tipo observacionais ou intervencionais prospectivos e realizados nos últimos cinco anos.

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada utilizando a escala Newcastle-Ottawa por dois revisores independentes, previamente treinados e qualificados. A pontuação da qualidade metodológica dos estudos foi calculada em três componentes: seleção dos grupos (0 - 4 pontos), qualidade de ajuste para confusão (0 - 2 pontos) e avaliação da exposição após desfecho (0 - 3 pontos). A pontuação máxima pode ser de 9 pontos, o que representa alta qualidade metodológica. Discrepâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso e, em caso de desacordo persistente, a avaliação foi feita por um terceiro revisor.

RESULTADOS

As buscas nas bases de dados resultaram 308 artigos. Destas, 189 foram excluídas por terem sido publicadas fora do período de 5 anos, estipulado para esta revisão. Do restante, 96 foram excluídas após a leitura do título e do resumo, e eventualmente do texto completo, por não atenderem aos demais critérios de inclusão ([Figura 1](#)).

Figura 1. Fluxograma de seleção de artigos no presente estudo.



Não houve discrepância quanto ao número de artigos selecionados pelos dois revisores, e, 23 artigos foram incluídos no presente estudo. Dos artigos incluídos neste estudo, 22 são do tipo observacional prospectivo e 1 estudo piloto (Quadro 1).

Quadro 1. Artigos incluídos no estudo após revisão na literatura

Autores	Desenho do estudo	População (n)	Variável Investigada	Conclusão
1. Fan M, Luo J, Wen H, Ning F, Gao M, Han X.	Observacional prospectivo	Pacientes em processo de desmame da ventilação mecânica invasiva (n=40)	Avaliar o índice de movimento do diafragma de pacientes em desmame da ventilação mecânica e comparar o valor obtido com o desfecho do desmame.	A excursão do diafragma e o IRRS do índice de ultra-sonografia diafragmática puderam prever com precisão a falha do desmame, superior ao IRRS tradicional na orientação do desmame.
2. Theerawit P, Eksombatchai D, Sutherasan Y, Suwatanapongched T, Kiatboonsri C, Kiatboonsri S.	Observacional prospectivo	Pacientes submetidos ao processo de desmame da ventilação mecânica invasiva (n=62)	Investigar a função diafragmática em pacientes na UTI usando ultrassonografia durante o período de desmame. Avaliar a eficácia do ultrassom em e métodos convencionais	Este estudo demonstrou uma tendência ao uso bem-sucedido do TPIAdia, em vez da excursão inspiratória diafragmática como preditor do desmame da ventilação mecânica. A média da fração de espessamento do

			utilizados para prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica.	diafragma foi significativamente maior no grupo de sucesso do desmame
3. Palkar A, Mayo P, Singh K, Koenig S, Narasimhan M, Singh A, et al.	Observacional prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente em processo de desmame (n=73)	Avaliar o desempenho da ultrassonografia do diafragma durante o desmame da ventilação mecânica (VM)	Durante teste de respiração espontânea, as excursões médias do diafragma foram menores no grupo que falhou na extubação em comparação ao grupo que foram extubadas com sucesso ($p < 0,06$).
4. Luo L, Li Y, Chen X, Sun B, Li W, Gu W, et al.	Observacional prospectivo	Paciente ventilados mecanicamente há pelo menos 48 horas, aptos a iniciar processo de desmame (n=60)	Testar a capacidade do diafragma avaliado por ultrassonografia ao lado do leito para prever insuficiência respiratória dentro de 48 horas e reintubação dentro de uma semana após a extubação.	Apenas a excursão diafragmática após o teste de respiração espontânea (TRE) foi associado à reintubação no grupo com insuficiência respiratória hipoxêmica.
5. Hayat A, Khan A, Khalil A, Asghar A.	Transversal Comparativo	Pacientes ventilados mecanicamente observados por 48 horas e divididos em grupo falha no desmame e sucesso no desmame (n=100)	Medir a excursão diafragmática e seu resultado no desmame da ventilação mecânica	Pacientes com excursão diafragmática maior que 1,2cm apresentaram sucesso no desmame da ventilação. A medida ultrassonográfica da excursão diafragmática é um bom método para prever o resultado do desmame da ventilação mecânica.
6. Yoo JW; Lee SJ; Lee JD; Kim HC.	Observacional prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente aptos para iniciar o processo de desmame (n=60)	Comparar a utilidade clínica da espessura e da excursão diafragmática para prever o sucesso da extubação	A média de excursão diafragmática foi maior nos pacientes com sucesso na extubação do que naqueles com falha na extubação (1,65 cm vs. 0,8 cm). A excursão do diafragma parece mais precisa do que uma alteração na espessura do diafragma para prever o sucesso da extubação.
7. Vivier E, Roche-Campo F, Brochard L, Mekontso Dessap A.	Observacional prospectivo	Pacientes em VMI durante fase de desmame (n=55)	Explorar a correlação entre a fraqueza dos membros adquiridos na UTI através da Medical Research Council (MRC) e o espessamento do diafragma; Avaliar a associação de variáveis clínicas a fração de espessamento do diafragma (Tfdi)	Não há associação entre a atividade do diafragma e a fraqueza dos membros em pacientes críticos. Observamos uma correlação positiva entre as comorbidades cardiopulmonares e o Tfdi.

			durante a ventilação mecânica.	
8. Goligher EC, Dres M, Ventilador E, Rubinfeld GD, Balanças DC, Herridge MS, et al.	Observacional prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente por menos de 36 horas (n=191)	Determinar se a atrofia desenvolvida pelo diafragma durante a ventilação mecânica leva à ventilação prolongada	A espessura diafragmática diminuída foi associado a uma menor probabilidade de desmame diário da ventilação, internação prolongada na UTI e maior risco de complicações.. Visar um nível de esforço inspiratório semelhante ao de indivíduos saudáveis em repouso pode acelerar a liberação da ventilação.
9. Liu LX, Su D, Hu ZJ	Observacional Prospectivo	Pacientes em VMI por mais de 48 horas (n=98)	Avaliar a excursão do músculo diafragma e analisar o valor na previsão de desmame da ventilação mecânica em pacientes de unidade de terapia intensiva.	Como preditor precoce de disfunção diafragmática, a excursão diafragmática é provavelmente superior aos parâmetros tradicionais na previsão do desmame do ventilador em pacientes em UTI.
10. Grosu HB, Ost DE, Lee YI, Song J, Li L, Eden E, et al.	Observacional prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente por mais de 48 horas, acompanhados por 72 horas (n=57)	Determinar se a espessura do diafragma (TDI) muda após a intubação e se o grau de alteração afeta o prognóstico clínico.	Embora a maioria dos indivíduos tenha mostrado evidência de afinamento do diafragma, não conseguimos encontrar uma correlação com o resultado da falha na extubação. De fato, quanto mais fino o diafragma na linha de base e quanto maior a extensão do afinamento do diafragma às 72h, maior a probabilidade de extubação.
11. Lu Z, Xu Q, Yuan Y, Zhang G, Guo F, Ge H, et al	Observacional prospectivo	Pacientes em VMI por no mínimo 48 horas com desmame prolongado/difícil (n=41)	Determinar a prevalência de disfunção diafragmática diagnosticada por ultrassonografia e comparar o tempo de ventilação mecânica nos indivíduos com e sem disfunção diafragmática.	A disfunção diafragmática avaliada pela ultrassonografia em modo B é comum em indivíduos com desmame prolongado. Indivíduos com essa disfunção diafragmática apresentam durações mais longas de ventilação mecânica e permanência na UTI.
12. Carrie C, Gisbert-Mora C, Bonnardel E, Gauche B, Biais M, Vargas F, et al.	Observacional Prospectivo	Pacientes em VMI elegíveis para o primeiro teste de respiração espontânea (n=67)	Avaliar a capacidade do ultrassom diafragmático de prever falha no desmame e comparar as habilidades de	Uma diminuição nos valores de máxima excursão diafragmática (MDE) pode estar associada a um desfecho desfavorável

			diagnóstico de valores de máxima excursão diafragmática (MDE) e Medical Research Council (MRC) em pacientes internados em UTI sob ventilação mecânica.	ao desmame. A excursão diafragmática medida por ultrassom não é, por si só, capaz de prever falha no desmame em um primeiro teste de respiração espontânea.
13. Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, Mccool FD, Mora J	Observacional Prospectivo	Pacientes em VMI por mais de 24 horas (n=52)	Determinar se as medidas de ultrassom (US) do diafragma realizadas em vários níveis de Pressão de Suporte (PS) podem prever o tempo até a extubação bem-sucedida.	A ultrassonografia diafragmática é um preditor válido do sucesso da extubação em algumas, mas não em todas as configurações de PS. O uso da fração de espessamento diafragmático de 20% pode reduzir as intubações desnecessariamente prolongadas e impedir reintubações emergentes.
14. Flevari A, Lignos M, Konstantonis D, Armaganidis A.	Observacional prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente com dificuldade no desmame/ desmame prolongado (n=27)	Investigar a excursão diafragmática durante a respiração em repouso e comparação com as ferramentas preditivas padrão, como o Índice de Respiração Rápida e Superficial (RSBI) e Pressão Inspiratória Máxima (Pimax), em pacientes com desmame difícil e / ou prolongado.	Nossos resultados sugerem que o limiar de excursão hemidiafragmática (Dex) de 10 mm e 7 mm para hemidiafragmas direito e esquerdo, respectivamente, poderia ser usado como ferramenta auxiliar no algoritmo preditivo de desmame em pacientes difíceis de desmamar.
15. Dres M, Dubé BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, Brochard L, et al.	Observacional prospectivo	Pacientes em VMI por pelo menos 24 horas (n=76)	Quantificar a prevalência e a coexistência entre fraqueza de membros e fraqueza diafragmática como formas de fraqueza adquirida na UTI e seu impacto no resultado.	A disfunção do diafragma é duas vezes mais frequente que a fraqueza muscular dos membros e tem um impacto negativo direto no resultado do desmame. Os dois tipos de fraqueza muscular têm sobreposição limitada.
16. Farghaly S, Hasan AA.	Observacional Prospectivo	Pacientes adultos que obtiveram sucesso no Teste de Respiração Espontânea (TRE) (n=54)	Avaliar o papel do espessamento e excursão diafragmática, por ultrassonografia, na previsão do resultado da extubação.	A avaliação ultrassonográfica da excursão diafragmática e da espessura na inspiração final pode ser um bom preditor do resultado da extubação em pacientes que passaram no TRE.

17. Zambon M, Beccaria P, Matsuno J, Gemma M, Frati E, Colombo S, et al.	Observacional prospectivo	Pacientes intubados a menos de 24 horas, utilizando ventilação mecânica no modo controlado, pressão de suporte e cpap (n=40)	Quantificar a atrofia do diafragma, através do ultrassom, em uma população de pacientes críticos sob ventilação mecânica e identificar fatores de risco que podem piorar a atividade diafragmática	Em pacientes gravemente enfermos em ventilação mecânica, existe uma relação linear entre o suporte do ventilador e a taxa de atrofia diafragmática.
18. Francis CA, Hoffer JA, Reynolds S.	Observacional prospectivo	Pacientes críticos em VMI no modo assisto-controlada e pressão de suporte (n=8)	Validar o ultrassom como um meio de rastrear a espessura do diafragma em pacientes submetidos à ventilação mecânica, avaliando a confiabilidade interobservador e interoperador e coletar dados iniciais sobre a relação do modo de ventilação com as alterações no diafragma.	O rastreamento por ultrassom das alterações na espessura do diafragma nesta pequena amostra indicou que a espessura diminuiu durante o modo de controle de assistência e aumentou durante o modo de suporte de pressão.
19. Schepens T, Verbrugge W, Dams K, Corthouts B, Parizel PM, Jorens PG.	Observacional Prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente (n=54)	Avaliar a evolução clínica e os fatores de risco para disfunção diafragmática induzida pelo ventilador em uma unidade de terapia intensiva para adultos (UTI), medindo a espessura do diafragma usando ultrassom.	A atrofia do diafragma ocorre rapidamente em pacientes sob ventilação mecânica e pode ser monitorada com precisão usando ultrassom. O tempo de VM, ao contrário de outras variáveis, está associado ao grau de atrofia.
20. Golicher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al.	Observacional Prospectivo	Pacientes em VMI por tempo menor que 72 horas (n=107) e pacientes não ventilados mecanicamente (n=10)	Descrever a evolução da espessura do diafragma durante a ventilação mecânica, seu impacto na função do diafragma e a influência da pressão inspiratória	Alterações na espessura do diafragma são comuns durante a ventilação mecânica e podem estar associadas à fraqueza diafragmática. Titular o suporte ventilatório para manter níveis normais de esforço inspiratório pode impedir alterações na configuração do diafragma associada à ventilação mecânica.
21. Mariani LF, Bedel J, Gros A, Lerolle N, Milojevic K, Laurent V, et al.	Intervencional prospectivo	Pacientes ventilados mecanicamente aptos ao desmame (n=34)	Descrever a função diafragmática avaliada por ultrassonografia durante os testes de desmame.	A disfunção diafragmática adquirida na UTI geralmente melhora antes da alta da UTI, mas pode constituir um marcador para maior gravidade da doença.
22. Umbrello M, Formenti P, Longhi	Observacional prospectivo	Pacientes em VMI no modo pressão de suporte (n=25)	Avaliar o desempenho dos índices	Em pacientes submetidos à ventilação mecânica assistida, o

D, Galimberti A, Piva I, Pezzi A, et al.			ultrassonográficos da atividade contrátil do diafragma (excursão respiratória e espessamento) em comparação com os índices tradicionais de esforço muscular inspiratório durante a ventilação mecânica assistida	espessamento do diafragma é um indicador confiável do esforço respiratório, enquanto a excursão do diafragma não deve ser usada para avaliar quantitativamente a atividade contrátil do diafragma.
23. Golicher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, et al.	Observacional Prospectivo	Pacientes em ventilação mecânica no modo assistido-controlado e controlada (n=96)	Estabelecer a reprodutibilidade das medições através do ultrassom em pacientes ventilados e determinar se a insuflação passiva pelo ventilador pode causar espessamento diafragmático além do esforço inspiratório.	As medidas de ultrassom da espessura do hemidiafragma direito são viáveis e altamente reprodutíveis em pacientes ventilados. Essa técnica pode ser empregada com confiabilidade para monitorar a espessura, atividade e função do diafragma durante a ventilação mecânica.

A qualidade metodológica geral dos estudos incluídos nesta revisão foi moderada (Tabela 1). Os escores da escala *Newcastle-Ottawa* para os estudos variaram de 3 a 8, indicando evidência baixa a média qualidade. Consenso foi alcançado em todas as ocasiões, e nenhum estudo foi excluído desta revisão, baseado no risco de viés avaliado. Metanálises não puderam ser conduzidas devido ao desenho metodológico predominante dos estudos incluídos ser coorte observacional.

Tabela 1. Avaliação do risco de viés através da escala *Newcastle-Ottawa Scale* (NOS) para estudos de coorte e transversais.

Referência	Desenho	Seleção	Comparabilidade	Desfecho	Total
Fan, et al. ¹¹	Observacional prospectivo	3	0	2	5/9
Theerawit, et al. ¹²	Observacional prospectivo	3	0	3	6/9
Dres, et al. ¹³	Observacional prospectivo	1	0	2	3/9
Carrie, et al. ¹⁴	Observacional prospectivo	2	0	2	4/9
Vivier, et al. ¹⁵	Observacional prospectivo	1	1	1	3/9
Schepens, et al. ¹⁶	Observacional prospectivo	3	1	2	6/9
Zambon, et al. ¹⁷	Observacional prospectivo	2	1	3	6/9
Goligher, et al. ¹⁸	Observacional prospectivo	3	1	3	7/9

Francis, al.19	et	Observacional Prospectivo	2	0	2	4/9
Palkar, al.20	et	Observacional prospectivo	3	1	3	7/9
Luo, et al.21		Observacional prospectivo	3	1	3	7/9
Hayat, al.22	et	Comparativo Transversal*	3	0	2	5/9
Liu, et al.23		Observacional Prospectivo	3	1	2	6/9
Mariani, al.24	et	Observacional prospectivo	4	0	3	7/9
Flevari, al.25	et	Observacional prospectivo	3	0	3	6/9
Farghaly, al.26	et	Observacional Prospectivo	3	1	2	6/9
Umbrello, al.27	et	Observacional prospectivo	2	0	2	4/9
Yoo, et al.28		Observacional prospectivo	3	0	3	6/9
Grosu, al.29	et	Observacional Prospectivo	4	1	3	8/9
Golicher, al.30	et	Observacional Prospectivo	4	1	3	8/9
Golicher, al.31	et	Observacional Prospectivo	3	0	3	6/9

* Versão do instrumento adaptado para estudos transversais

DISCUSSÃO

O presente estudo revisou a literatura acerca da avaliação diafragmática através da ultrassonografia, demonstrando que disfunções diafragmáticas acometem grande parte dos pacientes ventilados mecanicamente e que em poucas horas de ventilação assistida já é possível observar comprometimento diafragmático.^(6,5,11,12,13)

O estudo realizado por Dres et al., o qual avalia a prevalência e a coexistência entre fraqueza muscular em membros e fraqueza diafragmática como formas de fraqueza adquirida na UTI, evidenciou que 63% dos pacientes em VM controlada apresentavam DDIV, 34% apresentavam fraqueza em membros e 21% apresentavam tanto fraqueza em membros como DDIV, estando este achado relacionado com o tempo de ventilação mecânica.⁽¹³⁾ Alguns estudos objetivaram avaliar a DDIV com o desfecho desmame, no qual Dres et al. relata que a DDIV é duas vezes mais frequente que a fraqueza muscular nos membros e que esta repercute negativamente no desmame.⁽¹³⁾

Em contrapartida, Carrie et al. e Vivier et al. não encontraram relação significativa entre a perda de força em membros e a disfunção diafragmática, afirmando que a fraqueza muscular adquirida na UTI (FMA-UTI) não necessariamente acarreta em uma disfunção no diafragma.^(14,15) Carrie et al. destacou que tanto a avaliação de força através da *Medical Research Council* (MRC) como a avaliação da excursão diafragmática não são eficazes como preditores de sucesso ou falha no desmame, somente a espessura do diafragma foi fidedigna no seu estudo.⁽¹⁴⁾

Em relação a espessura diafragmática e o uso de ventilação mecânica, Schepens, et al. relataram em seu estudo que os pacientes em ventilação mecânica perdem 20% da espessura do diafragma nas primeiras 48 horas e 26% nas primeiras 72 horas.⁽¹⁶⁾ Zambon et al. mostrou que a média de perda da espessura diafragmática em pacientes ventilados mecanicamente em modo controlado foi de 7,5% enquanto nos pacientes em VM no modo pressão de suporte (PS) baixa foi de 1,5% revelando que o uso de VM no modo controlado acelera a perda de espessura do diafragma.⁽¹⁷⁾ O mesmo foi demonstrado por Goligher, et al. o qual observou que 79% dos pacientes em VM controlada apresentaram uma redução maior que 10% do espessamento diafragmático, enquanto em PS apenas 21% apresentaram esta mesma redução.⁽¹⁸⁾ Em contrapartida Francis et al. observaram que pacientes no modo PS obtiveram um ganho médio de 1,5% na espessura do diafragma.⁽¹⁹⁾

Dentre os 23 estudos incluídos nesta revisão, 12 avaliaram o espessamento e/ou a excursão diafragmática com objetivo de prever sucesso no desmame, e 11 demonstraram haver correlação positiva entre as variáveis, ou seja, pacientes que apresentavam boa função diafragmática obtiveram sucesso no desmame.^(6,11,12,14,18,20,21,22,23,24,25)

Avaliando a excursão diafragmática, Fan et al. observou que o valor crítico ideal da excursão diafragmática foi de 11,15 mm para predizer sucesso no desmame.⁽¹¹⁾ Corroborando com este achado, Dres et al. e Mariani et al. demonstraram que pacientes sem DDIV apresentavam uma média de 11 mm.^(13,24) Já Farghaly et al. evidenciaram que uma excursão diafragmática média de 16 mm era preditor de sucesso no desmame, e relatou ainda que a excursão média de 9,8 mm era preditor de falha.⁽²⁶⁾

Com base nesses dados encontrados podemos observar que a média para predizer falha no desmame e para diagnosticar DDIV são muito próximas, 9,8 mm e 9,4 mm respectivamente.^(11,13) Observamos também que a média de excursão diafragmática para sucesso no desmame e não diagnóstico de disfunção diafragmática variam entre 11mm e 16mm de acordo com a literatura.^(13,26)

Quando relacionados sucesso de extubação e espessura do diafragma, os autores observaram maior índice de sucesso quando encontrada maior espessura diafragmática, tanto inspiratória quanto expiratória.^(6,27) Blumhof e colaboradores, verificaram que uma variação percentual na espessura do diafragma entre a expiração e inspiração finais maior que 20% em pacientes ventilados mecanicamente com pressão de suporte até 10cmH₂O por 48 horas, foi fator significativo para sucesso de extubação; já quando a PS é de 15 cmH₂O a precisão diminui, pois foi encontrada 10% de variação de espessura entre expiração final e inspiração final.⁽⁶⁾ Yoo e colaboradores evidenciaram que, quanto maior a espessura diafragmática, maior também o índice de sucesso na extubação, excetuando aqueles pacientes que evoluíram para ventilação mecânica devido a insuficiência respiratória hipoxêmica, nestes últimos, a maior espessura de diafragma foi observada em indivíduos que apresentaram falha no desmame da VM.⁽²⁸⁾

Contraponto estes achados, Grosu, et al. afirmam que uma espessura diafragmática menor teria um melhor desfecho no desmame.⁽²⁹⁾ Apresentando um aumento de 12,5% de extubação para cada redução de 0,01 cm de espessura do diafragma nas horas iniciais de VM e 17% de probabilidade de extubação para cada redução de 0,01 cm, a partir das 72 horas de ventilação mecânica.⁽²⁹⁾ Em outro estudo realizado por Goligher et al, indivíduos que apresentaram espessura diafragmática aumentada apresentaram também maior tempo de ventilação mecânica, este achado foi associado ao esforço excessivo realizado pelos pacientes enquanto ventilados mecanicamente.⁽³⁰⁾ Corroborando com a ideia de que durante a ventilação mecânica o paciente deve ser capaz de realizar um esforço similar ao de indivíduos saudáveis em repouso, evitando assim atrofia ou fadiga da musculatura respiratória.⁽³⁰⁾

Alguns estudos evidenciaram ainda que existem alterações diafragmáticas unilaterais, havendo diferença de excursão e espessamento entre o lado direito e esquerdo.^(9,25,30) O estudo de Goligher et

al., por exemplo, demonstrou que as espessuras diferem entre os hemicúpulas diafragmáticas, também avaliaram a fração de espessamento unilateral, onde encontraram diferenças significativas entre os hemidiafragmas, o lado direito tendo uma média de 11% e o lado esquerdo 7% corroborando com o achado de Flevari et al.^(25,31)

Este estudo apresenta algumas limitações tais como não ter realizado meta-análise dos estudos incluídos, a impossibilidade de primar por metodologia dos estudos incluídos uma vez que os mesmos apresentam diferentes perfis de análises e desfechos. Como ponto positivo podemos destacar que a presente revisão sistemática expõe ao leitor as possibilidades de utilização da ultrassonografia na unidade de terapia intensiva para avaliação da musculatura diafragmática e seus possíveis desfechos correlatos. Sendo assim, este estudo apresenta como implicações práticas aos profissionais de saúde atuantes na UTI a possibilidade de melhor avaliação e diagnóstico de alterações diafragmáticas de pacientes críticos, podendo impactar assim em melhores desfechos clínicos.

Com base nessa revisão sistemática podemos afirmar que o uso deste método de avaliação é seguro, eficaz e rápido de ser realizado, auxilia no diagnóstico da DDIV a beira leito, permitindo uma intervenção precoce para reverter o quadro. E fornece informações essenciais para prever sucesso ou falha no desmame da ventilação mecânica repercutindo no prognóstico do paciente.

CONCLUSÃO

A ultrassonografia é um método não invasivo, seguro e de baixo custo, que pode fornecer informações importantes na avaliação, como fração de espessamento e excursão diafragmática, permitindo acompanhamento dos pacientes em ventilação mecânica, diagnóstico das disfunções diafragmáticas e prever sucesso ou falha no desmame, contribuindo assim para o melhor desfecho clínico.

Contribuição dos autores:

V. D. S.: 1. contribui substancialmente na concepção e/ou no planejamento do estudo; 2. na obtenção, na análise e/ou interpretação dos dados; 3. assim como na redação e/ou revisão crítica e aprovação final da versão publicada.

T. B. G.: 1. contribui substancialmente na concepção e/ou no planejamento do estudo; 2. na obtenção, na análise e/ou interpretação dos dados; 3. assim como na redação e/ou revisão crítica e aprovação final da versão publicada.

L. A. F. J.: 1. contribui substancialmente na concepção e/ou no planejamento do estudo; 2. na obtenção, na análise e/ou interpretação dos dados; 3. assim como na redação e/ou revisão crítica e aprovação final da versão publicada.

Conflito de interesses :

Não há conflito de interesses na publicação

REFERÊNCIAS

1. Esteban A, Anzueto A, Alía I, Gordo F, Apezteguía C, Pálizas F, et al. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000 May;161(5):1450-8.

2. Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998 Jan;157(1):294-323
3. Liu Y, Li-Fu L. "Ventilator-induced diaphragm dysfunction in critical illness." *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.).* 2018, 243(17-18): 1329-1337.
4. Kim WY, Lim CM. Ventilator-Induced Diaphragmatic Dysfunction: Diagnosis and Role of Pharmacological Agents. *Respir Care.* 2017 Nov;62(11):1485-1491
5. Lu Z, Xu Q, Yuan Y, Zhang G, Guo F, Ge H, et al. Diaphragmatic Dysfunction Is Characterized by Increased Duration of Mechanical Ventilation in Subjects With Prolonged Weaning. *Respir Care.* 2016 Oct; 61(10): 1316–1322.
6. Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, Mccool FD, Mora J. Change in Diaphragmatic Thickness During the Respiratory Cycle Predicts Extubation Success at Various Levels of Pressure Support Ventilation. *Lung.* 2016 Aug; 194(4): 519–525.
7. Li C, Li X, Han H, Cui H, Wang G, Wang Z. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: A meta-analysis. *Medicine.* 2018. 97(22): e10968.
8. Mendez-Tellez PA, Needham DM. Early physical rehabilitation in the ICU and ventilator liberation. *Respir Care.* 2012 Oct;57(10):1663-9.
9. Dias AS, Sachetti A. Disfunção diafragmática induzida pelo ventilador: uma visão fisioterapêutica. In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva; Martins JA, Reis LFF, Andrade FMD, organizadores. *PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia em Terapia Intensiva Adulto: ciclo 10.* Porto Alegre: Artmed Panamericana;2019.p. 123-56 (Sistema de Educação Continuada a Distância, v.1.)
10. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e 1000097.
11. Fan M, Luo J, Wen H, Ning F, Gao M, Han X. Value of the diaphragm movement index tested by ultrasonography for ventilation weaning. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue.* 2018 Nov;30(11):1041-1045.
12. Theerawit P, Eksombatchai D, Sutherasan Y, Suwatanapongched T, Kiatboonsri C, Kiatboonsri S. Diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning outcomes. *BMC pulmonary medicine.* 2018, (18):1 175.
13. Dres M, Dubé BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, Brochard L, et al. Coexistence and Impact of Limb Muscle and Diaphragm Weakness at Time of Liberation from Mechanical Ventilation in Medical Intensive Care Unit Patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017 Jan 1;195(1):57-66
14. Carrie C, Gisbert-Mora C, Bonnardel E, Gauche B, Biais M, Vargas F, et al. Ultrasonographic diaphragmatic excursion is inaccurate and not better than the MRC score for predicting weaning-failure in mechanically ventilated patients. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2017 Feb; 36(1):9-14.
15. Vivier E, Roche-Campo F, Brochard L, Mekontso Dessap A. Determinants of diaphragm thickening fraction during mechanical ventilation: an ancillary study of a randomised trial. *Eur Respir J.* 2017 Sep 20;50(3). pii: 1700783.
16. Schepens T, Verbrugghe W, Dams K, Corthouts B, Parizel PM, Jorens PG. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. *Crit Care.* 7 de dezembro de 2015; 19: 422.
17. Zambon M, Beccaria P, Matsuno J, Gemma M, Frati E, Colombo S, et al. Mechanical Ventilation and Diaphragmatic Atrophy in Critically Ill Patients: An Ultrasound Study. *Crit Care Med.* 2016 Jul; 44(7):1347-52.

18. Golicher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al. Evolution of Diaphragm Thickness during Mechanical Ventilation. Impact of Inspiratory Effort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015 Nov 1;192(9):1080-8.
19. Francis CA, Hoffer JA, Reynolds S. Determinants of diaphragm thickening fraction during mechanical ventilation: an ancillary study of a randomised trial. *Eur Respir J*. 2017 Sep 20;50(3).
20. Palkar A, Mayo P, Singh K, Koenig S, Narasimhan M, Singh A, et al. Serial Diaphragm Ultrasonography to Predict Successful Discontinuation of Mechanical Ventilation. *Lung*. 2018 Jun;196(3):363-368.
21. Luo L, Li Y, Chen X, Sun B, Li W, Gu W, et al. Different effects of cardiac and diaphragm function assessed by ultrasound on extubation outcomes in difficult-to-wean patients: a cohort study. *BMC Pulm Med*. 2017 Dec 1;17(1):161.
22. Hayat A, Khan A, Khalil A, Asghar A. Diaphragmatic Excursion: Does it Predict Successful Weaning from Mechanical Ventilation? *J Coll Physicians Surg Pak*. 2017 Dec;27(12):743-746.
23. Liu LX, Su D, Hu ZJ. The value of the excursion of diaphragm tested by ultrasonography to predict weaning from mechanical ventilation in ICU patients. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*. 2017 Jul 1;56(7):495-499.
24. Mariani LF, Bedel J, Gros A, Lerolle N, Milojevic K, Laurent V, et al. Ultrasonography for Screening and Follow-Up of Diaphragmatic Dysfunction in the ICU: A Pilot Study. *J Intensive Care Med*. 2016 Jun;31(5):338-43
25. Flevvari A, Lignos M, Konstantonis D, Armaganidis A. Diaphragmatic ultrasonography as an adjunct predictor tool of weaning success in patients with difficult and prolonged weaning. *Minerva Anesthesiol*. 2016 Nov;82(11):1149-1157.
26. Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care*. 2017 Jan;30(1):37-43.
27. Umbrello M, Formenti P, Longhi D, Galimberti A, Piva I, Pezzi A, et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study. *Crit Care*. 2015 Abril; 19: 161.
28. Yoo JW; Lee SJ; Lee JD; Kim HC. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success. *Korean J Intern Med*. 2018 Mar;33(2):331-339.
29. Grosu HB, Ost DE, Lee YI, Song J, Li L, Eden E, et al. Diaphragm Muscle Thinning in Subjects Receiving Mechanical Ventilation and Its Effect on Extubation. *Respir Care*. 2017 Jul;62(7):904-911.
30. Goligher EC, Dres M, Ventilador E, Rubenfeld GD, Balanças DC, Herridge MS, et al. Mechanical Ventilation-induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes. *Am J Respir Crit Care Med*. 2018 Jan 15;197(2):204-213.
31. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*. 2015 Apr;41(4):642-9.