

Ultrassonografia diafragmática como preditora de desmame ventilatório: uma revisão sistemática

Diaphragmatic ultrasonography as a predictor of ventilatory weaning: a systematic review

André Luiz Lisboa Cordeiro^{1,2} , Lucas Oliveira Soares² , Késsia Morgana Vital Oliveira² ,
Amanda Maria Garcez de Oliveira de Jesus² 

1. Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador, BA, Brasil
2. Centro Universitário Nobre, Feira de Santana, BA, Brasil

RESUMO

Objetivo: Revisar as evidências sobre a ultrassonografia diafragmática como preditor de sucesso no desmame ventilatório, usando a metodologia PICO e palavras-chave: Ultrassom, Diagnóstico por imagem, Diafragma, Desmame, Unidade de Terapia Intensiva, Respiração Artificial, Ventilação Mecânica, Desmame do Ventilador. **Métodos:** Estudos de coorte publicados foram usados sem restrições de idioma e ano que abordaram o uso de ultrassom para prever o sucesso no desmame e extubação ventilatória. Foram excluídos estudos com pacientes menores de 18 anos, relatos de casos, revisões de literatura, resultados que não trouxessem valor de corte para espessura e excursão diafragmática e definição de falha no processo de desmame e extubação. **Resultados:** Foram encontrados 459 estudos; após exclusão por duplicação e leitura de títulos e resumo, apenas 11 foram selecionados pelos critérios de inclusão. As amostras variaram de 34 a 193 indivíduos. **Conclusão:** Podemos evidenciar que o uso da USG para avaliar a espessura e excursão do diafragma em pacientes submetidos a suporte ventilatório invasivo é eficaz em prever o sucesso no processo de desmame e extubação. A ultrassonografia diafragmática tem grande aplicabilidade para avaliar a capacidade de prever sucesso ou falha na remoção do suporte ventilatório invasivo.

Palavras-chave: ultrassom diafragmático; ventilação mecânica; desmame, extubação.

ABSTRACT

Objective: To review the evidence on diaphragmatic ultrasonography as a predictor of success in ventilatory weaning, using the PICO methodology and keywords: Ultrasound, Diagnostic imaging, Diaphragm, Weaning, Intensive Care Unit, Artificial Respiration, Mechanical Ventilation, Ventilator Weaning. **Methods:** Published cohort studies were used without language and year restrictions that addressed the use of ultrasound to predict success in weaning and ventilatory extubation. Studies with patients under 18 years of age, case reports, literature reviews, results that do not bring a cutoff value for thickness and diaphragmatic excursion and the definition of failure in the weaning and extubation process were excluded. **Results:** 459 were found, and after exclusion due to duplication and reading of titles and abstract, only 11 were selected by the inclusion criteria. The samples ranged from 34 to 193 individuals. **Conclusion:** We can evidence that the use of USG to assess the thickness and excursion of the diaphragm in patients undergoing invasive ventilatory support is effective in predicting success in the weaning and extubation process. The Diaphragmatic Ultrasonography has great applicability to assess the ability to predict success or failure in removing invasive ventilatory support.

Keywords: diaphragmatic ultrasound; mechanical ventilation; weaning; airway extubation.

Recebido em: 12 de setembro de 2022; Aceito em: 13 de setembro de 2022.

Correspondência: André Luiz Lisboa Cordeiro, Faculdade Nobre, Avenida Maria Quitéria, Kalilândia, Feira de Santana BA. andrelisboacordeiro@gmail.com

Introdução

Uma das principais causas de encaminhamento para a Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é a necessidade de ventilação mecânica invasiva (VMI) [1,2]. Pacientes precisam de VMI quando perdem a capacidade de realizar a ventilação espontânea por motivos de insuficiência respiratória ou não conseguem proteger as vias aéreas por rebaixamento do nível de consciência [3,4].

A VMI pode causar efeitos deletérios para o paciente e a disfunção diafragmática (DD) está entre as mais importantes, causando fraqueza e atrofia por desuso, prolongando o tempo da permanência na ventilação mecânica, risco de traqueostomia, complicações até um ano pós alta da UTI e impacto na taxa de mortalidade [3-7].

O desmame é um processo transitório entre o suporte de ventilação mecânica e a ventilação espontânea, também é classificado em categorias de acordo com o tempo de VM. Dentro das unidades de terapia intensiva, e principalmente em pacientes em suporte ventilatório invasivo o desmame torna-se um dos principais objetivos da equipe multiprofissional. Existem várias causas para falha no processo de desmame, nesse cenário torna-se importante a utilização de métodos precisos para prever o sucesso e evitar complicação para o paciente [8].

Existem várias técnicas de diagnóstico utilizadas para avaliar as funções diafragmáticas. Dentre elas, a ultrassonografia (USG) diafragmática tem se tornado cada vez mais utilizada, se mostrando muito importante no ambiente da Terapia Intensiva e na avaliação do paciente crítico, pois é acessível e conseguimos avaliar em tempo real a função e a estrutura do diafragma, sendo capaz de detectar alterações que possam dificultar o desmame ventilatório do paciente [1,3,4,11,12].

Parâmetros como excursão e espessura são alguns dos achados que nos norteiam para identificar a atrofia, paralisia e outras disfunções diafragmáticas [1]. Nesse sentido, Carrie *et al.* [13] fizeram uma avaliação do desempenho da USG diafragmática para prever falha no desmame em pacientes sob VMI utilizando a medida de excursão diafragmática máxima, confirmaram a disfunção diafragmática induzida pelo ventilador (VIDD) e sugere que o diafragma é muito sensível à ausência de atividade.

Llamas-Álvarez *et al.* [14] fizeram uma revisão e encontraram dados que sugerem que a USG diafragmática é um preditor no desmame ventilatório de pacientes críticos. Portanto, o objetivo deste estudo é revisar as evidências sobre a ultrassonografia diafragmática como preditora de sucesso no desmame ventilatório.

Métodos

Trata-se de uma revisão sistemática e a questão norteadora deste estudo foi: “Quais as evidências atuais sobre a ultrassonografia diafragmática prever sucesso no desmame?”.

As seguintes bases de dados foram sistematicamente pesquisadas: Pubmed, Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), Lilacs (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), BVS (Biblioteca Virtual em Saúde) e *Science Direct*. As palavras-chave foram utilizadas: Ultrassonografia, Ultrassom, Diagnóstico por imagem, Diafragma, Desmame, Unidade de Terapia Intensiva, Respiração Artificial, Ventilação Mecânica, Desmame do Ventilador; sinônimos e palavras relacionadas adicionados pelos operadores booleanos “AND” e “OR”, de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS). A pesquisa foi realizada em abril de 2020.

Critérios de elegibilidade

Foram utilizados estudos do tipo coorte publicados sem restrição de idioma e ano que abordaram o uso da ultrassonografia para prever sucesso no desmame e extubação ventilatório. Estudos com pacientes menores que 18 anos de idade, relatos de casos, revisões de literatura, resultados que não trazem um valor de corte para espessura e excursão diafragmática e a definição da falha no processo de desmame e extubação foram excluídos, por motivo de dificuldade na tradução excluímos também artigos em chinês.

Extração dos dados

Os artigos coletados através das buscas nas bases de dados foram selecionados por meio do rastreamento dos títulos (primeira etapa), resumos (segunda etapa) e leitura completa (terceira etapa). Em seguida, foi realizada uma leitura exploratória dos estudos selecionados e, posteriormente, leitura seletiva e analítica. Os dados extraídos dos artigos foram sistematizados: autores, título, revista, ano, resumo e conclusões, a fim de possibilitar a obtenção de informações relevantes para a pesquisa.

O processo de seleção, extração de dados dos artigos e identificação de aspectos metodológicos foi realizado por dois revisores independentes. Quando houve alguma discordância entre eles, os revisores leram o artigo inteiro novamente para reavaliação. Se a discordância persistisse, um terceiro revisor independente avaliou e tomou a decisão final. A pesquisa seguiu os itens do protocolo PRISMA [15] para revisões sistemáticas.

Resultados

Foram encontrados 459 artigos, e após a exclusão por duplicação e leitura de títulos e resumo, apenas 11 foram selecionados pelos critérios de inclusão. Aqueles estudos que não deixavam claro os valores encontrados com o ultrassom para prever sucesso no desmame/extubação (59) ou artigos com desenho de revisão de literatura ou relatos de caso (54) também foram excluídos do estudo. O fluxograma presente na Figura 1 mostra todos os critérios e bancos de dados usados para selecionar os artigos.

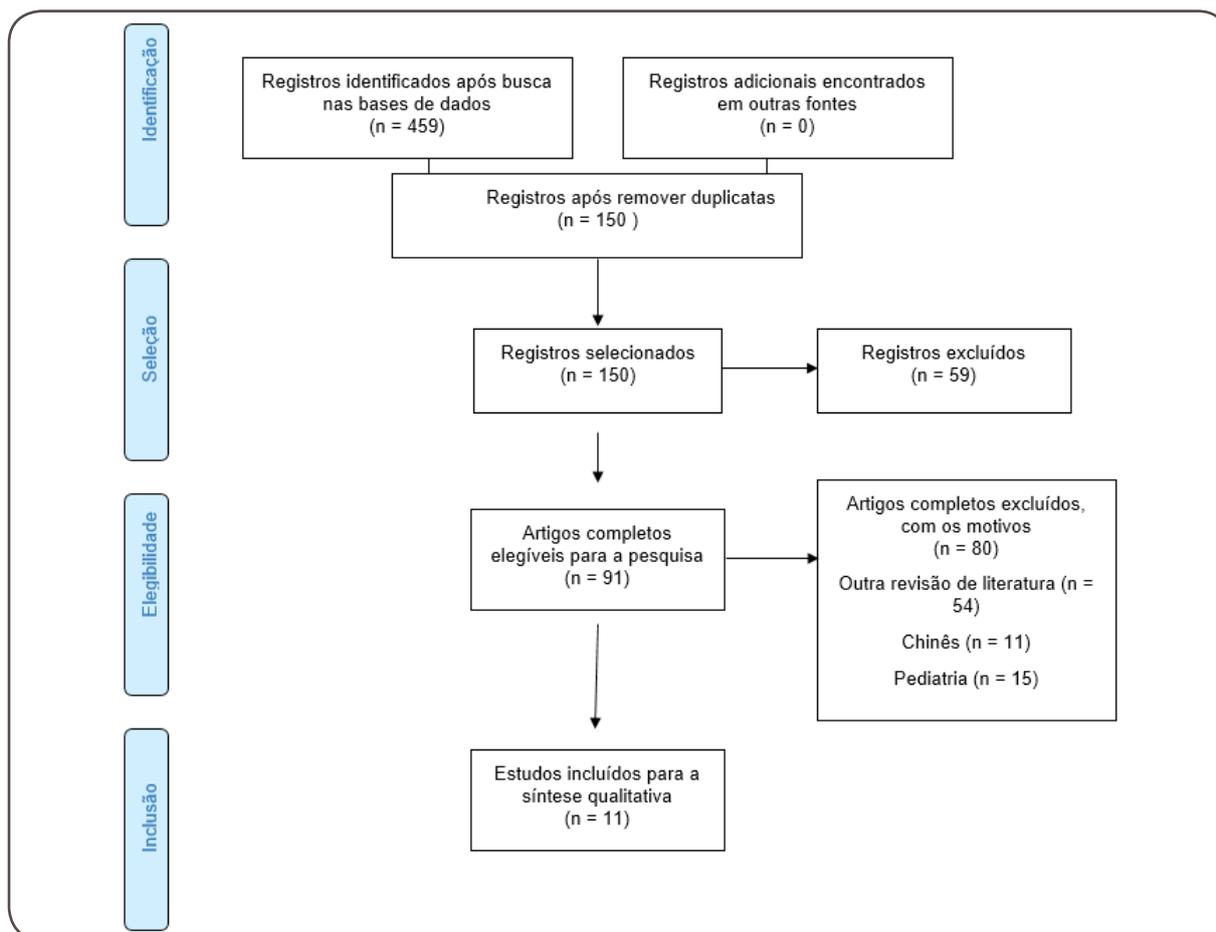


Figura 1 - Fluxograma demonstrando como foram obtidos os estudos de coortes que utilizaram a ultrassonografia para avaliar espessura e excursão diafragmática

Na Tabela I estão expressas as características gerais dos outros estudos utilizados. Podemos observar que alguns estudos foram realizados em mais de uma unidade, entre elas estão presentes enfermarias, UTI geral e UTI especializada.

É possível verificar que os autores utilizaram critérios bem parecidos para determinar a falha no processo de desmame/extubação mostrando que todos partiram de um mesmo ponto para definir a falha da retirada da ventilação artificial como a reconexão no ventilador mecânico, reintubação, uso de VNI e realização de traqueostomia dentro de 48h após a extubação. A tabela II demonstra as definições de cada autor para falha no desmame/extubação.

Os dados abaixo apresentados na Tabela III trazem os objetivos e os resultados encontrados em cada estudo utilizando a ultrassonografia para avaliar espessura e excursão diafragmática como preditora de sucesso no processo de desmame/extubação. Os autores identificaram que pacientes com valores de espessura < 1 cm [20], < $2,20 \pm 0,69$ mm [21] e < 10 mm [24] estavam associados a complicações, VM prolongada e falha no desmame e extubação. Yoo *et al.* [26] encontraram que valores de espessura diafragmática < 4 cm e 1,53 cm respectivamente estão relacionados com falha no desmame e extubação. Esses baixos valores também foram relacionados com desmame prolongado, aumento do tempo de estadia na UTI, mortalidade hospitalar e após alta da unidade.

Tabela I – Características gerais dos estudos

Autor/Ano	Pacientes	Média de idade	Unidade hospitalar	Inclusão
Sklar <i>et al.</i> [16] 2020	193	60	UTI	Pacientes ventilados mecanicamente de forma invasiva por menos de 36 horas (inicialmente, os pacientes eram elegíveis para inscrição até 72 horas após a intubação; para a presente análise, os pacientes foram excluídos se a primeira medição de Tdi foi obtida >36 horas após a intubação). Também se estivessem intubados por menos de 36 horas por causa de lesão cerebral aguda, síndrome da dificuldade respiratória aguda moderada ou grave, choque séptico, ou pneumonia.
Vivier <i>et al.</i> [17], 2019	191	68	Três UTIs	Pacientes com alto risco de reintubação (ou seja, com idade > 65 anos, com qualquer doença pulmonar cardíaca ou crônica subjacente, ou intubados >7 dias antes da extubação) foram elegíveis para o estudo se preenchessem todos os critérios de desmame e tivessem sido submetidos com sucesso a um TRE.
Eltrabili <i>et al.</i> [18], 2019	35	52	UTI cirúrgica de um departamento de trauma e emergência	Indivíduos em ventilação mecânica por 48 horas com sepse intra-abdominal.
Zhang <i>et al.</i> [19], 2020	37	74	UTI	Todos os pacientes com insuficiência respiratória aguda devido à DPOC e necessitando de VM.
Palkar <i>et al.</i> [20], 2018	73	72	UTIs médica	A equipe da UTI decidiu sobre a prontidão do paciente para desmame da VM, o momento do início do TRE e a extubação com base na avaliação clínica.
Dres <i>et al.</i> [21], 2016	76	58	UTI médica	Pacientes intubados e ventilados por até pelo menos 24 horas.
Khan <i>et al.</i> [22], 2018	90	55	UTI médica	Pacientes em VM por mais de 48 horas, sem ter secreções traqueobrônquicas e doença de base (o motivo da intubação) deve ter sido resolvida. Todos os participantes estavam alertas, cooperativos e hemodinamicamente estável.
Soliman <i>et al.</i> [23], 2019	100	57	UTI	Foram incluídos pacientes ventilados mecanicamente por mais de 48 horas quando a causa subjacente que exigiu a intubação foi resolvida.
Huang <i>et al.</i> [24], 2017	40	84	UTI médica	Os pacientes foram incluídos quando atenderam a todos os seguintes critérios: idade \geq 80 anos, recebeu ventilação mecânica por > 48 horas, adequado para um TRE, doses mínimas de sedativos e drogas analgésicas foram permitidas, mas o paciente deve ser facilmente despertado (pontuação de Ramsay 3-4), e agentes de paralisação muscular devem ter sido descontinuados \geq 2 dias antes da entrada no estudo e os aminoglicosídeos não foram permitidos.

Tabela I – Características gerais dos estudos

Autor/Ano	Pacientes	Média de idade	Unidade hospitalar	Inclusão
Pirompanich <i>et al.</i> [25], 2018	34	66	Enfermarias e UTI médicas	Os critérios de inclusão foram idade ≥ 18 anos, insuficiência respiratória com VM por mais de 24 horas, e capacidade de tolerar o TRE por 1 hora antes do ultrassom.
Yoo <i>et al.</i> [26], 2018	60	69	UTI médica ou cirúrgica	Pacientes foram incluídos quando atenderam a todos os critérios a seguir para o TRE: idade ≥ 18 anos, $FiO_2 < 50\%$, ex-final positivo nível de pressão expiratória ≤ 5 cmH ₂ O, frequência respiratória (FR) ≤ 30 respirações/min, $PaO_2 / FiO_2 > 200$ mmHg, coma de Glasgow pontuação ≥ 14 e estabilidade hemodinâmica na ausência de vasopressores.

DPOC = doença pulmonar obstrutiva crônica; FiO_2 = fração inspirada de oxigênio; PaO_2 = pressão parcial de oxigênio; Tdi = espessura do diafragma; TER = teste de respiração espontânea; UTI = unidade de terapia intensiva; VM: ventilação mecânica

Tabela II – Características dos estudos incluídos e definição de falha no desmame/extubação

Autor/Ano	País	Desenho do estudo	Valores de corte do DTF	Valores de corte do DE	Definição de falha no Desmame/Extubação
Sklar <i>et al.</i> [16], 2020	Canadá	Coorte	$\leq 2,3$ mm		Complicações do quadro agudo insuficiência respiratória foi definida como a ocorrência de qualquer um dos seguintes eventos: reintubação, traqueostomia, ventilação prolongada (> 14 dias) ou morte.
Vivier <i>et al.</i> [17], 2019	França	Coorte	$< 30\%$	< 10 mm	A definição da falha de extubação foi heterogênea e incluiu pacientes que falharam no TRE e não foram extubados, os extubados para o fim da vida ou aqueles que desenvolveram um episódio de insuficiência respiratória aguda.
Eltrabili <i>et al.</i> [18], 2019	Egito	Coorte	30,7%	10,4 mm	A falha de desmame foi definida como reintubação ou uso de ventilação não invasiva dentro de 48 horas após a extubação.
Zhang <i>et al.</i> [19], 2020	China	Coorte		DE $> 1,72$ cm; DE $> 1,63$ cm; $\Delta DE > 0,16$ cm;	A falha de extubação foi definida como a reconexão ao ventilador (invasiva ou não invasiva) dentro de 48 horas devido a insuficiência respiratória ou outros motivos.
Palkar <i>et al.</i> [20], 2018	USA	Coorte		< 1 cm	Incapacidade de manter respiração espontânea por pelo menos 48 horas, sem qualquer forma de suporte ventilatório. Os pacientes que necessitaram de reintubação ou VNI dentro de 48 horas após a extubação foram incluídos no grupo de “falha”.
Dres <i>et al.</i> [21], 2016	França	Coorte	$2,20 \pm 0,60$ mm	$0,82 \pm 0,42$ cm	Falha no desmame foi definido como pacientes com falha no TRE, requerendo reintubação ou qualquer forma de suporte ventilatório (incluindo VNI para insuficiência respiratória aguda pós-extubação, mas não VNI profilática) durante 48 horas após a extubação.

Tabela II – Continuação

Autor/Ano	País	Desenho do estudo	Valores de corte do DTF	Valores de corte do DE	Definição de falha no Desmame/Extubação
Khan <i>et al.</i> [22], 2018	Paquistão	Coorte	1,35 cm		A falha no desmame foi considerado se o paciente necessitou de ventilação não invasiva ou invasiva nas 48 horas após a extubação.
Soliman <i>et al.</i> [23], 2019	Egito	Coorte	29,5%		Falha no desmame foi definida como: TRE com falha, reintubação e/ou ventilação ou morte em 48 horas
Huang <i>et al.</i> [24], 2017	China	Coorte	10,7 mm	> 10 mm	Foi considerado como uma falha: IRRS > 105, FR < 10 e > 35 respirações/min, FC > 140 batimentos/min ou alterado < 20% em comparação com a linha de base ou o início de nova arritmia, volume corrente < 4 mL/kg, SaO ₂ < 90%.
Pirompanich <i>et al.</i> [25], 2018	Tai-lândia	Coorte	3,4 ± 1,3 mm		Falha no desmame foi definida como a incapacidade de manter respiração espontânea dentro de 48 horas.
Yoo <i>et al.</i> [26], 2018	Coréia	Coorte	1,4 cm	1,53 cm	Extubação falha foi definida como reintubação e aplicação de VNI dentro de 48 horas ou exigindo traqueostomia.

DE = excursão diafragmática; DTF = Fração de espessamento diafragmático; IRRS = índice de respiração rápida e superficial; FR = frequência respiratória; FC = frequência cardíaca; SaO₂ = saturação arterial de oxigênio; VNI = ventilação não invasiva; VMI = ventilação mecânica invasiva; TER = teste de respiração espontânea; ΔDE = variação de excursão diafragmática

Tabela III - Dados gerais dos estudos de coorte utilizando a USG diafragmática como preditora de sucesso no desmame e extubação

Autor/Ano	Desenho do estudo	Objetivo	Resultados
Sklar <i>et al.</i> [16], 2020	Coorte	Determinar se a Tdi mais baixa está associada à liberação retardada da VM e complicações de insuficiência respiratória aguda (reintubação, traqueostomia, ventilação prolongada > 14 dias ou morte no hospital).	A redução da Tdi basal foi associada a ventilação mecânica prolongada, um aumento do risco de complicações e de aumento da mortalidade hospitalar. E uma Tdi basal maior foi associada a um risco maior de desenvolver atrofia diafragmática.
Vivier <i>et al.</i> [17], 2019	Coorte	Avaliar se a disfunção diafragmática detectada por ultrassom apenas no momento da extubação foi associada ao insucesso da extubação em pacientes de risco que foram submetidos a um TRE com sucesso.	Após o sucesso de um TRE, avaliação de função do diafragma por ultrassom antes da extubação não permitiu previsão de extubação em pacientes com alto risco de reintubação na UTI. Por contraste, avaliação clínica da força da tosse foi encontrado como um forte preditor de falha de extubação.

Tabela III - Continuação

Autor/Ano	Desenho do estudo	Objetivo	Resultados
Eltrabili <i>et al.</i> [18], 2019	Coorte	Avaliar a eficácia das variáveis derivadas do ultrassom na previsão do sucesso da liberação da ventilação mecânica em pacientes que estão gravemente enfermos e com sepse abdominal.	Ambos os índices de ultrassom diafragmático, ou seja, fração de espessamento diafragmático e excursão diafragmática, podem ser parâmetros úteis para avaliação do sucesso da liberação de pacientes em VM com sepse abdominal.
Zhang <i>et al.</i> [19], 2020	Coorte	Explorar o valor de DE direito e sua variação avaliada por ultrassom em prever o resultado da extubação em pacientes com DPOC ventilados mecanicamente.	Este estudo demonstrou que o DE_{30} e o ΔDE_{30-5} podem ser usados para prever o resultado da extubação em pacientes com DPOC. A combinação de dois indicadores pode melhorar o valor preditivo.
Palkar <i>et al.</i> [20], 2018.	Coorte	Rastrear a DE e a velocidade de contração utilizando USG, a fim de correlacionar a mudança nas medidas de ultrassonografia durante o processo de desmame com o resultado da extubação.	Os resultados deste estudo demonstram que durante o desmame do suporte ventilatório, a DE é um melhor preditor do desfecho da extubação do que a velocidade de contração do diafragma. A DE no grupo sucesso na extubação foi significativamente maior do que os pacientes que falharam que apresentaram um valor < 1 cm.
Dres <i>et al.</i> [21], 2016	Coorte	Quantificar a prevalência e coexistência dessas duas formas de ICU-AW e seu impacto no desfecho.	A DD foi significativamente associado com desmame prolongado, e DTF era uma variável independente para falha de desmame.
Khan <i>et al.</i> [22], 2018	Coorte	Comparar a DE com IRRS como preditores de desmame.	A DE é um preditor clínico no resultado do desmame e na extubação, também é um fator preventivo da reintubação. Dos pacientes analisados 62 foram desmamados com sucesso (68,9%) e tinham uma DE em média de $1,44 \pm 0,26$ cm. A diferença entre os grupos com falha e sucesso foi estatisticamente significativa ($p < 0,0001$).
Soliman <i>et al.</i> [23], 2019	Coorte	A aplicação de USG de tórax pode ajudar no desmame e na previsão de seu resultado.	A DTF foi significativamente maior no grupo desmamado com sucesso ($p < 0,001$) valor off $\geq 29,5$ e pode prever o sucesso do desmame com uma sensibilidade 88,0% e especificidade 80,0%. Os autores encontraram nos pacientes com sucesso no desmame que a DTF foi significativamente maior ($43,0 \pm 10,7$ vs $28,9 \pm 2,8$ cm, $P: 0,001$) que no grupo que falhou. O DTF pode ser eficaz para predizer sucesso no desmame, sendo relatado por alguns autores como o melhor índice representando a força diafragmática.
Huang <i>et al.</i> [24], 2017	Coorte	Avaliar a utilidade da USG modo-M nos resultados do desmame do ventilador em pacientes idosos.	Pacientes com DD também tiveram uma maior incidência de falha no desmame do que pacientes sem DD (24/30 vs. 4/10), $P = 0,017$.

Tabela III - Continuação

Autor/Ano	Desenho do estudo	Objetivo	Resultados
Pirompanich <i>et al.</i> [25], 2018	Coorte	Avaliar a eficácia de uma combinação de DTF e IRRS para prever o sucesso desmame em comparação com IRRS sozinho.	As características da linha de base não foram significativamente diferentes entre os grupos de sucesso e fracasso do desmame, DTF em ambos os lados foram significativamente diferentes entre os pacientes que teve sucesso e falhou TRE (DTF direito: grupo de sucesso $57,7 \pm 21,2\%$, grupo de falha $22,9 \pm 9,2\%$, $p < 0,001$ (Fig. 2); DTF esquerdo: grupo de sucesso $68,8 \pm 41,2\%$, grupo de falha $42,8 \pm 18,5\%$, $p = 0,017$).
Yoo <i>et al.</i> [26], 2018	Coorte	Comparar a utilidade clínica destes dois parâmetros diafragmáticos para predizer sucesso da extubação.	O grau médio de excursão diafragmática foi maior em pacientes com sucesso de extubação do que naqueles com falha na extubação. Pacientes com sucesso de extubação tiveram um $\Delta tdi\%$ maior do que aqueles com falha de extubação.

DE = excursão diafragmática; DTF = fração de espessamento diafragmático; DPOC = doença pulmonar obstrutiva crônica; IRRS = índice de respiração rápida e superficial; VM = ventilação mecânica; VNI = ventilação não invasiva; Tdi = espessura do diafragma; DD = disfunção diafragmática; TER = teste de respiração espontânea; ΔDE = variação de excursão diafragmática; Δtdi = variação de espessura do diafragma; USG = ultrassonografia; UTI = unidade de terapia intensiva; ICU-AW = fraqueza muscular adquirida na unidade de terapia intensiva.

Discussão

Com base nos achados desta revisão sistemática, podemos evidenciar que a utilização da ultrassonografia diafragmática para avaliação da espessura e excursão do diafragma em pacientes submetidos a suporte ventilatório invasivo é eficaz para predizer sucesso no processo de desmame e extubação.

É imprescindível avaliar e identificar os pacientes aptos para a retirada do suporte ventilatório invasivo, alguns estudos apontam que a falha nesse processo aumenta a chance de mortalidade em 50%. O USG diafragmático é capaz de identificar o resultado desse processo através de medidas anatômicas e biomecânicas como a espessura e a sua excursão durante seu funcionamento normal, com o resultado dessa avaliação é possível elaborar estratégias terapêuticas para minimizar esses riscos.

Após avaliarem o Tdi, Sklar *et al.* [16] encontraram que pacientes com valores menores que 2,3mm foram associados ao desmame prolongado, maior tempo em suporte ventilatório invasivo e tiveram uma diferença significativamente maior na mortalidade hospitalar principalmente após a alta da UTI. Foi identificado com o USG que o Tdi obtido início da VM foi independentemente associado a VM prolongada e maior mortalidade independente da gravidade da doença de base [16].

Corroborando Sklar [16], Dres *et al.* [21] encontraram pacientes com valores de DTF e DE mais altos mostrando-se eficiente como preditor independentemente associado a falha no desmame e extubação. Eles descobriram que em uma população não eleita

de pacientes ventilados mecanicamente considerados prontos para realizar um TRE, a prevalência de DD foi duas vezes maior, do que a prevalência de ICU-AW, e que a DD, não a ICU-AW, influenciou no desfecho, estando presente em quase todos os pacientes que obtiveram falha no desmame. Este estudo serviu para salientar que a DD deve ser objeto de prevenção e de possíveis intervenções específicas [21].

Khan *et al.* [22] definiram que um ponto de corte IRRS de 59 é 79% sensível e 64% específico e 1,35 cm de DE, observados com ultrassonografia, uma sensibilidade de 74% e especificidade de 75% para prever sucesso no desmame, quanto maior o valor DE maior a taxa de sucesso. Nesse estudo, observaram que IRRS melhor prediz o desfecho do desmame, mas que ao associar o DE ao IRRS são otimizados na classificação do desfecho do desmame na garantia da extubação e prevenção da reintubação [22].

No cenário da terapia intensiva torna-se necessário identificar os pacientes que estejam aptos para a saída do suporte ventilatório invasivo e a USG, por diagnosticar o quadro do paciente em tempo real, ser de baixo custo, não invasiva e não emitir radiação, é uma ferramenta útil e essencial para avaliar estes pacientes, cada vez mais torna-se evidente a sua aplicabilidade.

Ao utilizar a USG para avaliar a DTF e DE em pacientes com sepse abdominal, Eltrabili *et al.* [17] encontraram alguns resultados semelhantes a Khan *et al.* [22], e notaram que houve uma diferença significativa nos pacientes que falharam e os que tiveram sucesso. Os parâmetros diafragmáticos obtidos com a USG, uma DTF de 30,7%, apresentando sensibilidade de 94,1% e especificidade de 100% e DE de 10,4 mm, com uma sensibilidade de 94% e especificidade de 84% foram valores para prever sucesso da retirada da ventilação mecânica. Observaram que o melhor valor de corte para prever o sucesso do desmame foi de 30,7%, porque em outros estudos varia de 20 a 36%, dependendo do suporte ventilatório ofertado durante a medida [17].

A DE vem se tornando uma variável bastante relevante para a avaliação da extubação. Pensando nisso, Zhang *et al.* [19] avaliaram a DE com a USG e encontraram nos pacientes que tiveram sucesso na extubação um valor maior comparado com os que falharam, esse valor foi significativamente estatístico. No estudo foi determinado um valor de corte de DE de 1,72 cm associado com sucesso na extubação e observaram que a combinação de DE 30 e Δ DE 30-5 foi mais preciso na previsão da extubação. Mesmo que os pacientes tenham sucesso no TRE, ainda correm o risco de ter falha na extubação, provando ainda mais a importância de buscar outro indicador para prever o resultado da extubação e melhorar a sobrevida dos pacientes internados na UTI [19].

Muitos autores relatam a importância de uma avaliação precisa do diafragma, principalmente da DE, que por muitas vezes aparece com principal variável a ser analisada. Palkar *et al.* [20] foram taxativos e disseram que DE é um preditor imperfeito. Apesar de o grupo de sucesso na extubação ter sido significativamente maior do que os que falharam, muitos fatores de complexidade podem interferir no resultado da extubação. Observaram, também, que quando medido entre A/C e TRE obtiveram um melhor resultado do que somente durante o TRE.

Soliman *et al.* [23] encontraram nos pacientes com sucesso no desmame uma DTF significativamente maior que no grupo que falhou, com valor de corte $\geq 29,5$ podendo prever o sucesso do desmame com uma sensibilidade de 88,0% e especificidade de 80,0%. Os autores concluem o estudo falando que apoiam o uso das USG para prever a falha no desmame, para avaliar o pulmão e o diafragma ajudando a compreender os efeitos fisiopatológicos do desmame e a otimizar a condição clínica aumentando as chances de desmame bem-sucedido [23].

Utilizando a USG para avaliar o diafragma de idosos e a relação entre distrofia diafragmática e o desmame, Huang *et al.* [24] definiram um valor de corte abaixo de 10mm e utilizaram o modo M. Observaram uma prevalência de 75% de DD nos idosos ventilados mecanicamente e 70% de falha em desmame, tendo como razões por trás dessas falhas no desmame fatores complexos [24].

Com resultados semelhantes Piropanich *et al.* [25] encontraram no grupo de sucesso um DTF maior comparado com o grupo que falhou. Os autores sugerem que o DTF direito maior ou igual a 26% tem maior precisão para prever o sucesso no desmame, sendo o melhor preditor e mais eficiente para prever sucesso no desmame ventilatório. A razão para o lado direito ser mais eficaz que o esquerdo pode ser um volume pulmonar maior [25].

De acordo com Yoo *et al.* [26], valores de DE são maiores do que Tdi na previsão de sucesso da extubação, sugerindo que DE pode ser mais preciso que Tdi para prever sucesso de desmame. É notável que os valores das variáveis analisadas divergem entre os estudos, nossos achados demonstram que independentemente do valor de corte estabelecido pelos autores o mais relevante a ser analisado é a quantidade de perda de DTF, Tdi e DE a partir do início da ventilação mecânica.

Conclusão

Com base nos dados encontrados podemos concluir que a ultrassonografia diafragmática tem grande aplicabilidade para avaliar a capacidade de prever sucesso ou falha na retirada do suporte ventilatório invasivo. Valores de fração de espessamento, excursão e espessura diafragmática divergem entre os estudos de acordo com os autores e a população estudada, mas o ponto principal desta revisão é evidenciar que a perda de função diafragmática revelada por uma diminuição da fração de espessamento, excursão e espessura diafragmática em pacientes ventilados mecanicamente podem prever o sucesso ou a falha no processo de desmame e extubação.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, preparação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Cordeiro ALL, Soares LO, Oliveira KMV, Jesus AMGO.

Referências

1. Varón-Vega F, Hernández A, López M, Cáceres E, Giraldo-Cadavid LF, Uribe-Hernandez AM, Crevoisier S. Usefulness of diaphragmatic ultrasound in predicting extubation success. *Med Intensiva (Engl Ed)* 2021;45(4):226-33. doi: 10.1016/j.medin.2019.10.007
2. Girard TD, Alhazzani W, Kress JP, Ouellette DR, Schmidt GA, Truwit JD, et al. An Official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline: Liberation from mechanical ventilation in critically ill adult rehabilitation protocols, ventilator liberation protocols, and cuff leak tests. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;195:120-33. doi: 10.1164/rccm.201610-2075ST
3. Grasse A, Ferlicca D, Lupieri E, Calcinati S, Francesconi S, Sala V, et al. Assisted mechanical ventilation promotes recovery of diaphragmatic thickness in critically ill patients: a prospective observational study. *Critical Care* 2020;24:85. doi: 10.1186/s13054-020-2761-6
4. Goligher EC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS, et al. Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes. *Am J Respir Crit Care Med* 2018;197(2):204-13. doi: 10.1164/rccm.201703-0536OC
5. Sklar MC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill adults. *JAMA Network Open* 2020;3(2):e1921520. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.21520
6. Dres M, Dubé B-P, 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;195(1):57-66. doi: 10.1164/rccm.201602-0367OC
7. Medrinal C, Prieur G, Frenoy E, Quesada AR, Poncet A, Bonnevie T, et al. Respiratory weakness after mechanical ventilation is associated with one-year mortality - a prospective study. *Crit Care* 2016;20(1):231. doi: 10.1186/s13054-016-1418-y
8. Geiseler J, Kelbe C. Weaning from mechanical ventilation. Weaning categories and weaning concepts. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2016;111:208-14. doi: 10.1007/s00063-016-0147-y
9. Goligher 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;192(9):1080. doi: 10.1164/rccm.201503-0620OC
10. 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;196:363-8. doi: 10.1007/s00408-018-0106-x
11. Öztürk E, Tanıdır İC, Yıldız O, Yükçü B, Ergün S, Haydın S, et al. Ultrasonographic postoperative evaluation of diaphragm function of patients with congenital heart defects. *Turk Gogus Kalp Dama* 2020;28(1):70-5. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2020.18458
12. Abbas A, Embarak S, Walaa M, Lutfy SM. Role of diaphragmatic rapid shallow breathing index in predicting weaning outcome in patients with acute exacerbation of COPD. *Int J COPD* 2018;13:1655-61. doi: 10.2147/COPD.S161691
13. Carrie C, Gisbert-Morae C, Bonnardel E, Gauche B, Matthieu B, 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* 2016;1-27. doi: 10.1016/j.accpm.2016.05.009
14. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest* 2017;152(6):1140-50. doi.org/10.1016/j.chest.2017.08.028
15. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*.2009;6(7):e1000097
16. Sklar MC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill Adults. *JAMA Network Open*. 2020;3(2):e1921520. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.21520
17. Viver E, Muller M, Putegnat Jean-Baptiste, Steyer J, Barrau S, Boissier F, et al. Inability of diaphragm ultrasound to predict extubation failure a multicenter study. *Chest* 2019;155(6):1131-9. doi: 10.1016/j.chest.2019.03.004
18. Eltrabili HH, Hasanin AM, Soliman MS, Lofty AM, Hamimy WI, Mukhtar AM. Evaluation of dia-

phragmatic ultrasound indices as predictors of successful liberation from mechanical ventilation in subjects with abdominal sepsis. *Respir Care* 2019;64(5):564-9. doi: 10.4187/respcare.06391

19. Zhang X, Yuan J, Zhan Y, Wu J, Liu B, Zhand P, Yu T, *et al.* Evaluation of diaphragm ultrasound in predicting extubation outcome in mechanically ventilated patients with COPD. *Ir J Med Sci* 2020;189(2):661-8. doi: 10.1007/s11845-019-02117-1

20. Palkar A, Mayo P, Singh K, Koenig S, Narasimhan, Singh A, *et al.* Serial diaphragm ultrasonography to predict successful discontinuation of mechanical ventilation. *Lung* 2018;196(3):363-8. doi: 10.1007/s00408-018-0106-x

21. Dres M, Dube Bruno-Pierre, 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;195(1):57-66. doi: 10.1164/rccm.201602-0367OC

22. Khan M, Munawar K, Hussain S, Qadeer A, Saeed ML, Shad ZS, *et al.* Comparing ultrasound-based diaphragmatic excursion with rapid shallow breathing index as a weaning predictor. *Cureus* 2018;10(12):3710. doi: 10.7759/cureus.3710

23. Soliman SB, Ragab F, Soliman RA, Gaber A, Kamal A. Chest Ultrasound in predication of weaning failure. *Open Access Maced J Med Sci* 2019;7(7):1143-47. doi: 10.3889/oamjms.2019.277

24. Huang D, Ma H, Zhong W, Wang X, Wu Y, Qin T, *et al.* Using M-mode ultrasonography to assess diaphragm dysfunction and predict the success of mechanical ventilation weaning in elderly patients. *J Thorac Dis* 2017;9(9):3177-86. doi: 10.21037/jtd.2017.08.16

25. Pirompanich P, Romsaiyut S. Use of diaphragm thickening fraction combined with rapid shallow breathing index for predicting success of weaning from mechanical ventilator in medical patients. *J Intensive Care* 2018;6:6. <https://10.1186/s40560-018-0277-9>

26. Yoo Jung-Wan, 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;33:331-9. doi: 10.3904/kjim.2016.152.e1

