

Ultrassonografia diafragmática como preditivo para o desmame da ventilação mecânica em adultos: uma revisão integrativa

Diaphragmatic ultrasonography as a predictor for mechanical ventilation weaning in adults: an integrative review

La ecografía diafragmática como predictora del destete de la ventilación mecánica en adultos: una revisión integradora

Enathanael Ribeiro Soares¹, Joel Freires de Alencar Arrais², Flávio Vinicius Fagundes Xavier³, Adalberto Veronese da Costa⁴, Glêbia Alexa Cardoso⁵, Wildberg Alencar Lima⁶

RESUMO | A ultrassonografia diafragmática (US) tem sido usada na avaliação de diversas doenças respiratórias. Por conta da portabilidade, tal exame, pode, facilmente, ser realizado beira-leito, em enfermarias, pronto atendimentos e especialmente na UTI. O objetivo do artigo é reconhecer e analisar através de evidências científicas de qual maneira a ultrassonografia diafragmática pode corroborar no desmame seguro da VMI. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. O levantamento bibliográfico ocorreu entre setembro e novembro de 2022. A pesquisa foi realizada nas bases de dados eletrônicas: SciELO, LILACS e PubMed. Foram inclusos oito artigos, sendo avaliados pelas escalas Newcastle-Ottawa e PEDro evidenciando qualidade metodológica intermediária a alta. No total os estudos contaram com 482 voluntários adultos, ambos os sexos, com idade $58,09 \pm 8,03$ submetidos a ventilação mecânica invasiva (VMI) por pelo menos 24 horas, e que apresentavam condições ventiladores para prosseguir com desmame da VMI. Foram encontradas três variáveis avaliativas nos estudos selecionados: excursão diafragmática (ExD) (75%); espessura diafragmática (Tdi) (62,5%); e fração de espessamento diafragmática (FED) (100%). A incorporação

das variáveis: Tdi, ExD e FED em protocolos de desmame de VMI em pacientes críticos parecem auxiliar positivamente na tomada de decisão sobre o momento ideal para o desmame, diminuindo falhas de extubação.

Descritores | Ultrassonografia; Diafragma; Desmame do Respirador.

ABSTRACT | Diaphragmatic ultrasonography (US) has been used to evaluate several respiratory diseases. Due to portability, this examination can easily be performed at bedside, in wards, emergency rooms and especially in the intensive care unit. To identify and analyze how diaphragmatic ultrasonography can support safe mechanical ventilation weaning based on scientific evidence. This is an integrative literature review. Bibliographic survey was conducted from September to November 2022 in the following electronic databases: SciELO, LILACS and PubMed. A total of eight articles were included and evaluated using the Newcastle-Ottawa and PEDro scales, showing intermediate to high methodological quality. In total, the studies included 482 adult volunteers, of both sexes, aged 58.09 ± 8.03 , who had undergone invasive mechanical ventilation for at least 24

¹Universidade Federal do Cariri – Barbalha (CE), Brasil. E-mail: enathanael.ribeiro@gmail.com. Orcid: 0009-0007-3234-8270

²Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) – Mossoró (RN), Brasil. E-mail: joel.freires00@gmail.com. Orcid: 0000-0002-5127-5309

³Centro Universitário São Camilo – Juazeiro do Norte (CE), Brasil. E-mail: viniciusfagundesfisio@gmail.com. Orcid: 0000-0002-0193-5276

⁴Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) – Mossoró (RN), Brasil. E-mail: adalbertoveronese@uern.br. Orcid: 0000-0001-6597-463X

⁵Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) – Mossoró (RN), Brasil. E-mail: glebiacardoso@uern.br. Orcid: 0009-0003-3820-8771

⁶Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil. E-mail: wildbergalencar@gmail.com. Orcid: 0000-0002-9584-3961

hours and were under ventilation to continue invasive ventilation weaning. In the selected studies, we found three evaluative variables: diaphragmatic excursion (DE) (75%); diaphragmatic thickness (DT) (62.5%); and diaphragmatic thickening fraction (DTF) (100%). Incorporating DT, DE and DTF into protocols for mechanical ventilation weaning in critically ill patients seems to support decision-making on the ideal time for weaning, reducing extubation failure.

Keywords | Ultrasonography; Diaphragm; Ventilator Weaning.

RESUMEN | La ecografía diafragmática (ED) se ha utilizado en la evaluación de varias enfermedades respiratorias. Debido a la portabilidad, este examen se puede realizar fácilmente en la cama, en salas de hospitalización, en urgencias y, especialmente, en la unidad de cuidados intensivos (UCI). El objetivo de este artículo es reconocer y analizar mediante evidencia científica cómo la ecografía diafragmática puede corroborar el destete seguro de la VMI. Esta es una revisión integradora de la literatura. Se realizó una búsqueda

bibliográfica entre septiembre y noviembre de 2022. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos electrónicas SciELO, LILACS y PubMed. Se incluyeron ocho artículos, que habían sido evaluados por las escalas Newcastle-Ottawa y PEDro, lo cual apunta a una calidad metodológica de intermedia a alta. En total, los estudios incluyeron a 482 voluntarios adultos, de ambos sexos, de $58,09 \pm 8,03$ años de edad, sometidos a ventilación mecánica invasiva (VMI) durante al menos 24 horas y que tenían condiciones ventilatorias para continuar con el destete de la VMI. En los estudios seleccionados se encontraron tres variables evaluativas: excursión diafragmática (ExD) (75%); grosor diafragmático (Tdi) (62,5%); y fracción de engrosamiento diafragmático (FED) (100%). La incorporación de las variables Tdi, ExD y FED en los protocolos de destete de VMI en pacientes críticos parece contribuir positivamente a la toma de decisiones sobre el momento ideal para el destete, lo cual reduce las fallas de extubación.

Palabras clave | Ultrasonografía; Diafragma; Desconexión del Ventilador.

INTRODUÇÃO

Nas unidades de terapia intensiva (UTI), cerca de 40% dos pacientes são submetidos à ventilação mecânica invasiva (VMI)¹. Esses pacientes podem necessitar de VMI por curtos períodos; porém, 15% a 25% desses indivíduos apresentam dificuldades no desmame ventilatório e evoluem para ventilação mecânica prolongada (VMP)^{2,3}. A VMP é considerada quando for usada por um período igual ou superior a 6 horas por dia, por 21 dias ou mais².

O desmame da VMI é um percurso gradual, que engloba a totalidade do processo de liberação do paciente do suporte mecânico e a remoção do tubo endotraqueal⁴ e deve ser indicado quando houver controle ou melhora da doença aguda, estabilidade hemodinâmica e ausência de insuficiência coronariana descompensada e arritmias com repercussões hemodinâmicas, melhora nos parâmetros de oxigenação e ventilação, melhora neurológica e normalização dos distúrbios hidroeletrólitos. No entanto, após três falhas no teste de respiração espontânea (TRE) ou falhas com mais de sete dias do primeiro TRE, configura-se então desmame prolongado^{5,6}.

O uso prolongado de VMI gera alto risco de complicações pulmonares, como barotrauma, pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV), isquemia traqueal, tromboembolismo, atrofia muscular periférica, disfunção

dos músculos respiratórios e toxicidade pelo oxigênio⁷⁻⁹. Além de aumento da taxa de mortalidade¹⁰.

O processo de desmame pode representar até 42% do tempo total de VMI¹¹. Entretanto, tentativas incalculáveis de descontinuidade da VMI também devem ser evitadas, pois uma falha na extubação está relacionada com aumento de 8 vezes na probabilidade de desenvolvimento de pneumonia nosocomial, além de um aumento de 6 a 12 vezes do risco de mortalidade¹².

Grande parte dos pacientes internados em UTI desenvolvem alguma disfunção diafragmática (cerca de 60%) no que diz respeito à atividade reduzida, caracterizando fraqueza, podendo ser bilateral ou unilateral do diafragma (fraqueza), movimento paradoxal, ou mesmo paralisia (função abolida). Além do mais, por volta de 80% apresentam disfunção diafragmática em VMI¹³. Evidenciando a importância da descontinuidade da VMI o mais breve possível.

Portanto, a inatividade contrátil do diafragma pode ser a origem da disfunção diafragmática induzida por ventilador (VIDD), afetando consideravelmente a resistência diafragmática, tida como a capacidade de manter a força contrátil diante de uma carga inspiratória resistiva^{14,15}.

Nessa perspectiva, tem crescido, nos últimos anos, o interesse por métodos avaliativos de imagem do diafragma. A mais utilizada radiografia de tórax

pode permitir visualizar a elevação da hem cúpula diafragmática, entretanto apresenta baixa sensibilidade ou especificidade^{16,17}.

A ultrassonografia (US) diafragmática caracteriza-se como uma técnica eficaz para avaliar a função e anatomia do diafragma, sobretudo a espessura e excussão diafragmática¹⁸. Por conta da portabilidade, tal exame pode, facilmente, ser realizado beira-leito, em enfermarias, pronto atendimentos e especialmente na UTI¹⁹.

Por outro lado, a US diafragmática vem sendo empregada durante avaliação de diversos distúrbios respiratórios, incluindo asma, fibrose cística, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e doença pulmonar intersticial. E se destaca por apresentar vantagens importantes sobre outras técnicas comumente utilizadas para análise da função diafragmática, por não empregar uso de radiação ionizante²⁰.

Em consideração a tal enfoque situacional, objetiva-se, portanto, reconhecer e analisar através de evidências científicas de que maneira a ultrassonografia diafragmática pode corroborar no desmame seguro da VMI.

METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão integrativa da literatura e obedece às instruções do manual para síntese de evidências do Joanna Briggs Institute (JBI)²¹ e do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews* (Prisma-ScR)²², produzido entre os meses de setembro a novembro de 2022. Para assegurar a imparcialidade e a precisão dos resultados, dois avaliadores independentes e às cegas realizaram a seleção e a análise dos estudos incluídos em três bases de dados eletrônicas: Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *National Library of Medicine* (PubMed).

Em observância ao PICO para pesquisas não clínicas, objetivou-se responder a seguinte pergunta norteadora: há evidências claras e efetivas sobre a inclusão/uso da ultrassonografia diafragmática no auxílio da tomada de decisão para o desmame da VMI? Quais variáveis podem ser consideradas? Para isso, na formulação da estratégia de busca, foram utilizados os seguintes descritores: "Ultrasonography", "Diaphragm" e "Ventilator Weaning", adotando-se como operadores booleanos AND e OR. Todos os descritores estão indexados nas plataformas Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH) (Quadro 1).

Quadro 1. Estratégias de busca

Bases de dados	Operadores booleanos	Estratégias de busca
LILACS SciELO PubMed	AND	Ultrasonography AND Ventilator Weaning Ultrasonography AND Diaphragm AND Ventilator Weaning "Ultrasonography" AND "Ventilator Weaning/methods" "Ultrasonography/methods" AND "Diaphragm/diagnosis" OR "Diaphragm/diagnostic imaging" "Ultrasonography" AND "Diaphragm/diagnosis" OR "Diaphragm/diagnostic imaging" AND "Ventilator Weaning"
PubMed	AND/OR	

Foi levado em consideração os seguintes critérios de inclusão: ter sido publicado no período entre 2017 e 2022, nos seguintes idiomas: português, inglês ou espanhol; estudos comparativos, experimentais do tipo clínico e ensaios aleatorizados; disponível integral e gratuitamente na base de dados de origem. Tendo como critérios de exclusão: artigos que se mostrassem inconclusivos e/ou estudos repetidos; realizados em modelo animal, população neonatal e pediátrica. Foram excluídos também estudos de revisão e metanálise.

A seleção dos estudos se deu por meio da leitura dos títulos dos estudos encontrados a partir da estratégia de busca utilizada, seguida da leitura dos resumos para análise da adequação à temática, concluindo com a leitura na íntegra dos estudos considerados relevantes.

A escala Newcastle-Ottawa²³ foi empregada para avaliar a qualidade dos estudos observacionais incluídos nesta revisão. A escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro)²⁴ utilizou-se para avaliar a qualidade metodológica de ensaios clínicos específicos. Ela é composta por 11 itens que examinam a validade interna e a interpretação dos resultados de um estudo, e visa identificar estudos de alta qualidade que possam informar a prática clínica baseada em evidências.

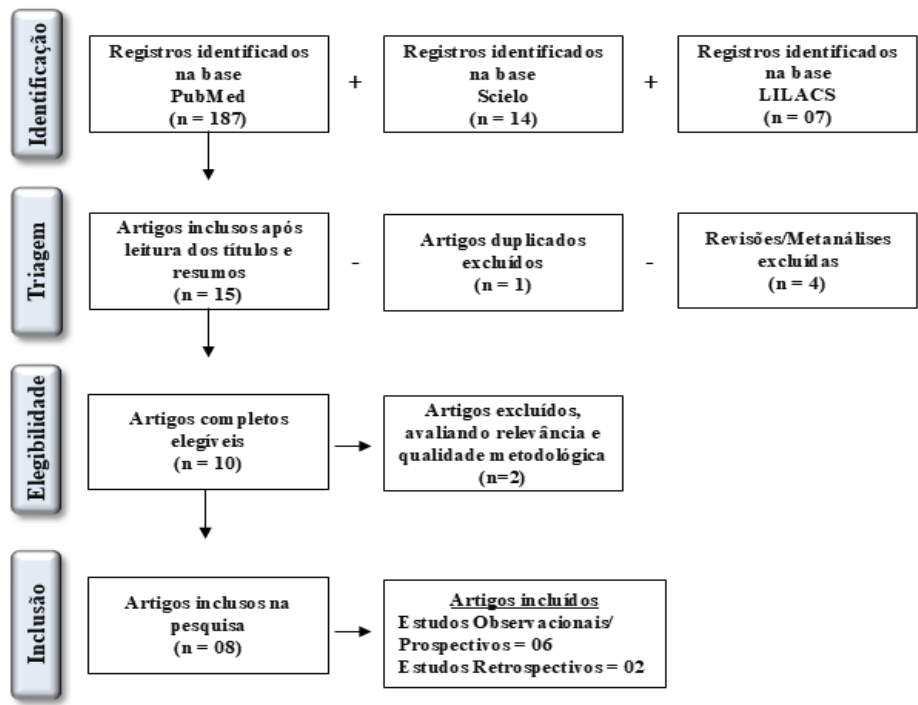
Os estudos selecionados foram distribuídos e organizados na forma de tabelas, confeccionadas utilizando o *software* Microsoft® Word, na versão 2019, com a classificação dos estudos por autor(es), ano de publicação, idioma, tamanho da amostra, tipo de intervenção metodológica adotada e principais desfechos.

RESULTADOS

Foram encontradas nas bases de dados 208 publicações. Após a identificação das publicações, realizou-se a triagem, seguindo a logística proposta pelo método de estudo aqui utilizado, por intermédio da leitura dos títulos e análise dos resumos, os quais possibilitaram a avaliação inicial de adequação dos estudos ao foco da pesquisa. Nessa etapa, foram

selecionados aproximadamente 7,21% (n=15) dos trabalhos encontrados. Foi nessa fase, também, que os trabalhos duplicados, as revisões e as metanálises foram descartadas. Na fase de elegibilidade, selecionou-se cerca de 4,8% (n=10) em relação ao número total das publicações, para serem analisados na íntegra. Após a observância da relevância e acurácia metodológica, foram excluídos dois estudos. Compondo a amostra, por fim, cerca de 3,85% dos estudos encontrados (n=8) (Figura 1).

Figura 1. Estratégia de seleção da amostra



Um total de 482 indivíduos participaram das pesquisas (Tabela 1). Todos os estudos versam sobre a inclusão e/ou utilização da ultrassonografia diafragmática como ferramenta complementar para auxílio na tomada de decisão de descontinuidade da ventilação mecânica invasiva, tendo em vista o melhor momento e correlação clínica. Foi levado em consideração o tempo de VMI, variando em dois estudos entre 24 horas²⁵ a 72 horas o tempo exigido²⁶. Os demais estudos tomaram como critério de elegibilidade o tempo mínimo de 48 horas.

Outra semelhança nos critérios de inclusão é o fato de todos os participantes estarem aptos a realizar o TRE (cl clinicamente e com parâmetros mínimos na VMI).

Posterior à leitura completa dos oito artigos selecionados, foi realizada a avaliação da qualidade dos estudos de acordo com a escala de Newcastle-Ottawa²³, sendo atribuídas pontuações de 0 a 9 para cada estudo. Sendo assim, seis deles puderam ser classificados (Quadro 2) e obtiveram escores satisfatórios, o que demonstra boa qualidade metodológica.

Tabela 1. Caracterização dos estudos

Autor Ano	n Idade Média (anos) ± DP	Desenho do Estudo	Variáveis Analisadas	Desfecho
Dong et al. ²⁷	80 61,74 ± 16,16	Estudo controlado randomizado	ExD; FED	US é uma ferramenta conveniente e útil para avaliar a função diafragmática em pacientes ventilados mecanicamente.

Continua

Tabela 1. Continuação

Autor Ano	n Idade Média (anos) ± DP	Desenho do Estudo	Variáveis Analisadas	Desfecho
Dubé et al. ²⁸	112 62 ± *	Estudo retrospectivo	Tdi; ExD; FED	Não foi encontrado relação significativa entre a espessura do diafragma e sua capacidade contrátil.
Elshazly et al. ²⁹	62 62,75 ± *	Estudo observacional	Tdi; ExD; FED	A ultrassonografia diafragmática mostrou-se uma ferramenta promissora para prever o resultado da extubação em pacientes ventilados mecanicamente.
Eltrabili et al. ³⁰	30 52,7 ± 13,4	Estudo prospectivo observacional	Tdi; ExD; FED	Índices ultrassonográficos diafragmáticos (fração de espessamento diafragmático e excursão diafragmática) podem ser parâmetros úteis para avaliação da extubação em pacientes com sepse abdominal.
Gok et al. ³¹	46 57,6 ± 14,1	Estudo prospectivo observacional	ExD; FED	Exames ultrassonográficos acompanhados de IRRS devem ser realizados para aumentar o sucesso da extubação.
Kundu et al. ³²	60 42,7 ± 16,98	Estudo prospectivo observacional	FED	O uso de um protocolo de US integrado pode ser útil na identificação de pacientes que provavelmente cursem com falha de extubação.
McCool; Oyieng'O; Koo ³³	32 55,8 ± 14,8	Estudo prospectivo, randomizado, controlado	FED; Tdi	Informações de ultrassom diafragmática permitiram que os médicos identificassem o funcionamento do diafragma, auxiliando no processo e tempo de extubação.
Yoo et al. ³⁴	60 69,5 ± *	Estudo retrospectivo	ExD; FED; Tdi	A US pode ser uma ferramenta valiosa para avaliação da disfunção do diafragma e previsão de sucesso de extubação.

*: dado não informado no estudo; n: amostra; DP: desvio padrão; Tdi: espessamento diafragmático; FED: fração de espessamento diafragmático; ExD: excursão diafragmática; US: ultrassonografia; IRRS: índice de respiração rápida e superficial; DD: disfunção diafragmática.

Quadro 2. Avaliação de viés conforme escala de Newcastle-Ottawa

Estudos	Desenho	Seleção				Itens avaliados		Desfecho			Score
		1	2	3	4	Comparabilidade		1	2	3	
Dubé et al. ²⁸	Estudo retrospectivo	*	-	*	*	**		*	*	*	8/9
Elshazly et al. ²⁹	Estudo observacional	*	-	*	*	**		*	*	*	8/9
Eltrabili et al. ³⁰	Estudo prospectivo observacional	*	-	*	*	**		*	*	*	8/9
Gok et al. ³¹	Estudo prospectivo observacional	*	-	*	*	**		*	*	*	8/9
Kundu et al. ³²	Estudo prospectivo observacional	*	-	*	*	**		*	*	*	8/9
Yoo et al. ³⁴	Estudo retrospectivo	*	*	*	*	*		*	*	*	8/9

A pontuação total é expressa em uma escala de 0 a 9, com a pontuação máxima indicando que todos os critérios foram atendidos. O símbolo "*" indica que o critério foi atendido. O símbolo "-" indica que o critério não foi atendido. "*" indica que o critério foi atendido com um ponto extra de comparabilidade.

Dois do total de artigos selecionados foram avaliados de acordo com a escala PEDro²⁴, sendo atribuído escore

intermediário para ambos (Quadro 3), o que evidencia qualidade metodológica intermediária.

Quadro 3. Avaliação dos estudos pela escala PEDro

Estudos	Critérios avaliados											Escore
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Dong et al. ²⁷	-	*	-	*	-	-	*	-	*	-	*	5/10
McCool; Oyieng'O; Koo ³³	-	*	-	*	*	*	*	-	-	-	*	6/10

A pontuação total na escala PEDro varia de 0 a 10, excluindo o item 1, que não é utilizado no cálculo da pontuação final. O símbolo "*" indica que o critério foi atendido – entenda como "sim" na escala. O símbolo "-" indica que o critério não foi atendido.

Observaram-se três variáveis avaliativas nos estudos selecionados: excursão diafragmática (ExD), representando 75% dos estudos (n=6); espessura diafragmática (Tdi), sendo 62,5% (n=5); e fração de espessamento diafragmático (FED), usada em 100% da amostra (n=8). Do total, 25% (n=2) dos estudos não relataram a presença de comorbidades nos participantes (Tabela 2).

A escala *acute physiology and chronic health evaluation* II (APACHE II) foi utilizada para classificação de 62,5% (n=5) dos estudos; índice de massa corporal (IMC) incluso em 25% (n=2) dos trabalhos; e *sequential organ failure assessment* (SOFA) em 25% da amostra (n=2). Todos os estudos excluíram indivíduos com paralisia diafragmática e/ou lesão nervosa grave. Não houve homogeneidade das doenças de base nem motivos que levaram à intubação orotraqueal (IOT). Todas os indivíduos eram maiores de 18 anos de idade e não houve objeção quanto ao sexo.

DISCUSSÃO

Na avaliação diafragmática por US para diagnóstico de disfunção diafragmática (DD), é necessário mensurar a espessura diafragmática (Tdi) e a fração de espessamento diafragmático (FED) para avaliar atrofia e contração diafragmática²⁰.

Em um dos estudos²⁵, observaram que a US pode incorporar informações da função diafragmática, permitindo aos profissionais identificarem pacientes aptos à descontinuidade da VMI. Em seu estudo para indivíduos com FED $\geq 30\%$, o tempo para extubação foi significativamente reduzido no grupo intervenção quando comparado o grupo controle.

Quando em estado crítico, os pacientes apresentam maior vulnerabilidade ao desenvolvimento de DD pela exposição a vários fatores miotóxicos²⁶, mesmo que seja no início da internação na UTI³⁵, sobretudo em indivíduos

que desenvolvem insuficiência respiratória e cursam com necessidade de VM.

Existe uma relação significativa entre a FED e a força de contração do diafragma, somente quando mensurada em ventilação assistida por pressão de suporte (PSV). Hipótese justificada por presença de esforço respiratório espontâneo em ventilação por pressão de suporte, quando comparado à ventilação controlada. Realmente, é empiricamente fácil supor que, na ausência de esforços respiratórios ativos, não se espera que a FED atue como um estimador fisiológico dinâmico da função do diafragma²⁵.

No estudo com 62 pacientes submetidos ao TRE e acompanhados por 48 horas pós-extubação, correlacionou-se negativamente a baixa FED e Tdi com maior tempo de VMI, sendo a média da FED nos participantes bem-sucedidos de 32,65% e naqueles que falharam na extubação de 17,6%. Um valor de corte de Tdi de $>1,25$ cm foi associado com extubação bem-sucedida²⁹.

É observado uma relação entre desfechos adversos e DD, como VMI prolongada, falha de desmame, ou mesmo maior taxa de mortalidade³⁰. No caso de um estudo realizado com 60 paciente à beira-leito submetidos ao TRE, houve acompanhamento desses indivíduos por 48 horas para verificar o desfecho clínico. No grupo que evoluiu com sucesso de extubação, a FED média foi de 30,87% em contrapartida os que retornaram à VM de 27,88%. Concluíram, então, que o uso de um protocolo de ultrassonografia integrado pode ser útil na identificação de pacientes que provavelmente falharam na extubação. É importante a correlação com a análise clínica das imagens de coração e pulmão para modificar terapias e/ou identificar pacientes com alto risco de falha na extubação³².

Nesse sentido, detectou-se uma correlação entre o sucesso da extubação e vários parâmetros, como o índice de respiração rápida e superficial (IRRS) e todos os parâmetros ultrassonográficos avaliados por eles (ExD

e FED). Sendo valores de corte (nos indivíduos que progrediram com sucesso de extubação) de 64 para IRRS; 27,5% para FED; 1,3 cm para ExD. Ressaltando que os exames ultrassonográficos acompanhados do IRRS devem ser realizados para aumentar o sucesso da extubação em pacientes críticos³¹.

No trabalho com 60 pacientes, em que 78,3% desses foram extubados com sucesso, constataram que o grau médio de ExD foi maior em pacientes com sucesso de extubação do que naqueles com falha de extubação (1,65 cm *versus* 0,8 cm). Enquanto os pacientes com sucesso na extubação FED foi maior do que aqueles com falha de extubação (42,1% *vs.* 22,5%). O que pode fortalecer a eficácia da utilização da US diafragmática para tomada de decisão clínica em pacientes críticos³⁴.

Traçando outra relação clínica e terapêutica, correlacionando a reabilitação precoce com a avaliação diafragmática e tempo de VMI, observaram que a ExD e a FED foram significativamente diminuídas em todos os pacientes após VM prolongada, mesmo os submetidos à reabilitação precoce, este com menor redução da FED em relação ao grupo controle. Sendo, após o terceiro dia de VMI, a média de 15% da FED, e de 1,33 cm a de ExD no grupo intervenção; FED de 12%, e ExD de 1,27 cm no grupo controle. O que associa baixo FED com maior tempo de VMI²⁷.

Nessa linha de raciocínio, relatam que os sujeitos com sepse de foco abdominal, com sucesso de extubação, apresentaram APACHE II e SOFA significativamente menores em comparação com aqueles no grupo com falha de extubação. A partir desse cenário, o valor de corte ideal do FED para prever o sucesso da liberação foi >30,7%, e a média de ExD de 17mm³⁰.

CONCLUSÃO

A ultrassonografia diafragmática mostrou-se uma técnica confiável, não invasiva e conveniente para prever o sucesso do desmame da VMI. A incorporação das variáveis Tdi, ExD e FED em protocolos de desmame de VMI em pacientes críticos parecem auxiliar positivamente na tomada de decisão sobre o momento ideal para o desmame, diminuindo falhas de extubação. É importante a correlação com demais exames de imagem do coração e pulmão, a avaliação clínica constante e a personalização do cuidado. Exames de US diafragmática se mostraram úteis também no desmame da VMI em pacientes com sepse abdominal. A mobilização precoce auxilia na manutenção

da funcionalidade diafragmática em pacientes ventilados mecanicamente por longos períodos.

Logo, os resultados expostos por esse estudo representam achados importantes e fidedignos, haja visto o rigor metodológico dos trabalhos aqui analisados. A busca por novas evidências é sempre fomentada com a construção de demais estudos, tendo em vista a diversidade patológica e especificidades das populações que podem se beneficiar da técnica aqui explanada.

REFERÊNCIAS

1. Muzaffar SN, Gurjar M, Baronia AK, Azim A, Mishra P, et al. Predictors and pattern of weaning and long-term outcome of patients with prolonged mechanical ventilation at an acute intensive care unit in North India. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2017;29(1):23-33. doi: 10.5935/0103-507X.20170005
2. MacIntyre NR, Epstein SK, Carson S, Scheinhorn D, Christopher K, et al. Management of patients requiring prolonged mechanical ventilation: report of a NAMDRC consensus conference. *Chest*. 2005;128(6):3937-54. doi: 10.1378/chest.128.6.3937
3. Santos CD, Nascimento ER, Hermida PM, Silva TG, Galetto SG, et al. Boas práticas de enfermagem a pacientes em ventilação mecânica invasiva na emergência hospitalar. *Esc Anna Nery*. 2020;24(2):e20190300. doi: 10.1590/2177-9465-EAN-2019-0300
4. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29(5):1033-56. doi: 10.1183/09031936.00010206
5. Barbas CSV, Ísola AM, Farias AMC, Cavalcanti AB, Gama AMC, et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. *Rev Bras Ter Intens*. 2014;26(2):89-121. doi: 10.5935/0103-507X.20140017
6. Jhou HJ, Chen PH, Ou-Yang LJ, Lin C, Tang SE, et al. Methods of weaning from mechanical ventilation in adult: a network meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:752984. doi: 10.3389/fmed.2021.752984
7. Gomes GS, Leite MM, Silva MCB, Ferreira MJS, Santos LPC. Avaliação da funcionalidade e força muscular periféricas pós desmame da ventilação mecânica em uma UTI adulto. *Res Soc Dev*. 2021;10(13):e554101321477. doi: 10.33448/rsd-v10i13.21477
8. Sandoval Moreno LM, Casas Quiroga IC, Wilches Luna EC, García AF. Efficacy of respiratory muscle training in weaning of mechanical ventilation in patients with mechanical ventilation for 48 hours or more: a randomized controlled clinical trial. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2019;43(2):79-89. doi: 10.1016/j.medint.2017.11.010
9. Klompas M, Branson R, Eichenwald EC, Greene LR, Howell MD, et al.; Society for Healthcare Epidemiology of America (SHEA). Strategies to prevent ventilator-associated pneumonia in acute care hospitals: 2014 update. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35(8):915-36. doi: 10.1086/677144
10. Kobayashi H, Uchino S, Takinami M, Uezono S. The Impact of Ventilator-Associated Events in Critically Ill Subjects With Prolonged Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2017;62(11):1379-86. doi: 10.4187/respcare.05073

11. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, Epstein SK, Fink JB, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):375S-95S. doi: 10.1378/chest.120.6_suppl.375s
12. Frutos-Vivar F, Esteban A, Apezteguia C, González M, Arabi Y, et al. Outcome of reintubated patients after scheduled extubation. *J Crit Care*. 2011;26(5):502-9. doi: 10.1016/j.jcrc.2010.12.015
13. Vetrugno L, Orso D, Bove T. Ultrassonografia do diafragma - ferramenta essencial para pneumologistas e intensivistas. *J Bras Pneumol*. 2020;46(6):e20200367. doi: 10.36416/1806-3756/e20200367
14. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med*. 2008;358(13):1327-35. doi: 10.1056/NEJMoa070447
15. Goligher EC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, 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
16. Doorduyn J, Hees HWH, Hoeven JGVD, Heunks LMA. Monitoring of the respiratory muscles in the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(1):20-7. doi: 10.1164/rccm.201206-1117CP
17. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intens Care Med*. 2017;43(1):29-38. doi: 10.1007/s00134-016-4524-z
18. Boussuges A, Finance J, Chaumet G, Brégeon F. Diaphragmatic motion recorded by M-mode ultrasonography: limits of normality. *ERJ Open Res*. 2021;7(1):00714-2020. doi: 10.1183/23120541.00714-2020
19. Sosa FA, Matarrese A, Saavedra S, Osatnik J, Roberti J, et al. Lung ultrasound as a predictor of mortality of patients with COVID-19. *J Bras Pneumol*. 2021;47(4):e20210092. doi: 10.36416/1806-3756/e20210092
20. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *J Bras Pneumol*. 2020;46(6):e20200064. doi: 10.36416/1806-3756/e20200064
21. Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, et al. Chapter 11: scoping reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIR reviewer's manual*, JBIR, 2020. doi: 10.46658/JBIR-20-12
22. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467-73. doi: 10.7326/M18-0850
23. Saunders LD, Soomro GM, Buckingham J, Jamtvedt G, Raina P. Assessing the methodological quality of nonrandomized intervention studies. *West J Nurs Res*. 2003;25(2):223-37. doi: 10.1177/0193945902250039
24. Shiwa SR, Costa LOP, Moser AD de L, Aguiar I de C, Oliveira, LVF de. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter Mov*. 2011;24(3):523-33. doi: 10.1590/S0103-51502011000300017
26. Dres M, Dubé BP, Mayaux J, Delemazure J, Reuter D, 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
27. Dong Z, Liu Y, Gai Y, Meng P, Lin H, et al. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation: a randomised control study. *BMC Pulm Med*. 2021;21(1):106. doi: 10.1186/s12890-021-01461-2
28. Dubé BP, Dres M, Mayaux J, Demiri S, Similowski T, et al. Ultrasound evaluation of diaphragm function in mechanically ventilated patients: comparison to phrenic stimulation and prognostic implications. *Thorax*. 2017;72(9):811-8. doi: 10.1136/thoraxjnl-2016-209459
29. Elshazly MI, Kamel KM, Elkorashy RI, Ismail MS, Ismail JH, et al. Role of bedside ultrasonography in assessment of diaphragm function as a predictor of success of weaning in mechanically ventilated patients. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2020;83(4):295-302. doi: 10.4046/trd.2020.0045
30. Eltrabili HH, Hasanin AM, Soliman MS, Lotfy AM, Hamimy WI, et al. Evaluation of diaphragmatic 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
31. Gok F, Mercan A, Kilicaslan A, Sarkilar G, Yosunkaya A. Diaphragm and lung ultrasonography during weaning from mechanical ventilation in critically ill patients. *Cureus*. 2021;13(5):e15057. doi: 10.7759/cureus.15057
32. Kundu R, Baidya D, Anand R, Maitra S, Soni K, et al. Integrated ultrasound protocol in predicting weaning success and extubation failure: a prospective observational study. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2022;54(2):156-63. doi: 10.5114/ait.2022.115351
33. McCool FD, Oyieng'O DO, Koo P. The utility of diaphragm ultrasound in reducing time to extubation. *Lung*. 2020;198(3):499-505. doi: 10.1007/s00408-020-00352-3
34. 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;33(2):331-9. doi: 10.3904/kjim.2016.152
35. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact-a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(2):213-9. doi: 10.1164/rccm.201209-1668OC