

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

BIANKA PEREIRA DA SILVA
HIGOR NASCIMENTO DOS SANTOS
RARYSSA DA SILVA FRANÇA

**Utilização do ultrassom diafragmático como preditor de sucesso do
desmame em pacientes ventilados mecanicamente: Uma revisão integrativa**

RECIFE/2024

BIANKA PEREIRA DA SILVA
HIGOR NASCIMENTO DOS SANTOS
RARYSSA DA SILVA FRANÇA

**Utilização do ultrassom diafragmático como preditor de sucesso do
desmame em pacientes ventilados mecanicamente: Uma revisão integrativa**

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

Orientador(a): Prof^a. Dr^a Manuella da
Luz

RECIFE
2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho

A **Deus**, fonte de força, sabedoria e inspiração em todos os momentos desta jornada. A Ele, agradecemos por nos guiar, renovar nossas energias nos momentos de dificuldade e nos conceder a graça de alcançar este objetivo. Sem Sua presença constante em nossas vidas, nada disso seria possível.

Aos nossos **pais**, que nos ensinaram o valor da fé, do esforço e da perseverança. Por todo o amor incondicional, pela paciência nos momentos difíceis e por serem nossa base em cada etapa da vida. Vocês sempre acreditaram em nós e estiveram ao nosso lado, celebrando cada conquista como se fosse própria.

Aos nossos **amigos**, que se tornaram uma verdadeira extensão da nossa família. Obrigado por cada palavra de incentivo, por sua companhia nos momentos de desafio e pelas risadas que tornaram esta caminhada mais leve. Vocês foram um pilar fundamental para que pudéssemos prosseguir.

Aos nossos **familiares**, que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para que chegássemos até aqui. Seja com palavras de apoio, gestos de carinho ou simplesmente torcendo por nós, vocês estiveram presentes e fizeram a diferença.

A cada um de vocês e a Deus, dedicamos esta conquista, com imensa gratidão e amor, pois foram vocês que tornaram tudo isso possível.

BIANKA PEREIRA DA SILVA
HIGOR NASCIMENTO DOS SANTOS
RARYSSA DA SILVA FRANÇA

**Utilização do ultrassom diafragmático como preditor de sucesso do
desmame em pacientes ventilados mecanicamente: Uma revisão integrativa**

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

Examinadores:

Manuella da Luz Duarte Barros – Doutora em Nutrição

Hélio Henio Paulino Alves da Silva – Especialista em UTI adulto

Maria Cristina Damasceno dos Passos Souza - Mestre em Inovação e Desenvolvimento

Nota: _____

Data: ____/____/____

RESUMO

Introdução: O diafragma é uma estrutura essencial no sistema respiratório humano, composta por tecido fibromuscular e com disposição laminar fina, localizada a partir do processo xifoide até os processos transversos da primeira vertebra lombar. A inervação dessa estrutura está localizada no tronco cerebral e no córtex cerebral, sendo eles responsáveis pelo suprimento do nervo frênico, garantindo funcionalidade respiratória adequada. O diafragma passa pelo processo de contração e relaxamento para manter um desempenho ventilatório eficiente. A ventilação mecânica é uma técnica de suporte respiratório dentro de um período temporário utilizada em paciente em unidades de terapia intensiva, mas o seu uso inadequado ou prolongado pode acarretar lesões pulmonares ou disfunções diafragmáticas. A ultrassonografia diafragmática é utilizada na avaliação e monitorização da espessura e excursão do diafragma, sendo uma técnica avançada, de fácil manuseio, podendo ser realizada beira a leito e sem exposição à radiação ionizante. **Objetivo:** Apresentar a eficácia do ultrassom diafragmático como ferramenta preditiva no desmame de pacientes submetidos à ventilação mecânica por meio de uma revisão integrativa da literatura. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão integrativa, para a execução dos objetivos propostos. Procedeu-se a análise bibliográfica baseada em livros e artigos nos bancos de dados: MEDLINE via PubMed, LILACS via BVS, SciELO e PEDro. **Resultados:** Foram encontrados 68 artigos, desses foram excluídos 24 artigos por serem revisão sistemáticas, 19 após a leitura do título, 3 por serem de avaliação pediátrica, 6 utilizavam avaliação ultrassonográfica em outros órgãos, 8 artigos onde os pacientes eram portadores de patologias que afetavam diretamente o diafragma e 3 artigos que avaliavam o diafragma a partir de outra técnica de imagem, 5 artigos selecionados para o estudo.

Palavras-Chave: desmame, ventilação mecânica, ultrassom diafragmático.

Use of diaphragmatic ultrasound as a predictor of weaning success in mechanically ventilated patients: An integrative

ABSTRACT

Introduction: The diaphragm is an essential structure in the human respiratory system, composed of fibromuscular tissue with a thin laminar arrangement, extending from the xiphoid process to the transverse processes of the first lumbar vertebra. The innervation of this structure is located in the brainstem or cerebral cortex, both of which are responsible for supplying the phrenic nerve, ensuring proper respiratory functionality. The diaphragm undergoes a process of contraction and relaxation to maintain efficient ventilatory performance. Mechanical ventilation is a temporary respiratory support technique used in patients in intensive care units; however, its improper or prolonged use can result in lung injuries or diaphragmatic dysfunctions. Diaphragmatic ultrasonography is used for the assessment and monitoring of diaphragm thickness and excursion. It is an advanced technique, easy to handle, that can be performed at the bedside without exposure to ionizing radiation. **Objective:** Present the effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictive tool in weaning patients from mechanical ventilation through an integrative literature review. **Methodology:** This is an integrative review to achieve the proposed objectives. A bibliographic analysis was conducted based on books and articles from the following databases: MEDLINE via PubMed, LILACS via BVS, SciELO, and PEDro. **Results:** A total of 68 articles were found, of which 24 were excluded for being systematic reviews, 19 were excluded after reading the title, 3 for being pediatric evaluations, 6 used ultrasonographic evaluation in other organs, 8 articles where patients had conditions directly affecting the diaphragm, and 3 articles that evaluated the diaphragm using another imaging technique. Five articles were selected for the study.

Keywords: mecanichal ventilation, ultrasound diaphragm, wening.

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fluxograma de pesquisa Prisma Flow Diagram 2020/2021.....	13
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDI	Pressão transdiafragmática
VM	Ventilação mecânica
DD	Disfunção diafragmática
DE	Excursão diafragmática
DTI	Espessamento do diafragma
VMI	Ventilação mecânica invasiva
UTI	Unidade de terapia intensiva
IRRS	Índice de respiração rápida e espontânea
TRE	Teste de respiração espontânea
Ve	Ventilação minuto
Pimax	Pressão inspiratória máxima
CROP	Conformidade, taxa, O ₂ e índice de pressão
FR	Frequência respiratória
PS	Pressão de suporte
$\Delta t_{di}\%$	Variação percentual da espessura do diafragma
ROC	Característica operacional do receptor
AUC	Área sob a curva
DTF	Fração de espessamento do diafragma

SUMÁRIO

1. Introdução.....	09
2 Materiais e métodos.....	11
2.1 <i>Crerios de elegibilidade (PICOT).....</i>	<i>11</i>
3 Resultados.....	12
3.1 <i>Aspectos dos artigos analisados.....</i>	<i>16</i>
4 Discussão.....	17
5 Conclusões.....	18
Referências.....	19

1. Introdução

O diafragma é uma estrutura de disposição laminar fina composta por um tecido fibromuscular que divide a cavidade torácica da cavidade abdominal, possuindo um par de cúpulas diafragmáticas sendo separadas por um tecido tendíneo em seu centro. A sua inserção está disposta anteriormente no processo xifoide, lateralmente nas superfícies internas das cartilagens costais entre a sétima e a décima segunda costela e de forma posterior nos processos transversos da primeira vertebra lombar e no corpo, e na sínfise das três primeiras vertebra lombares¹.

O diafragma passa por um processo de contração (diminuição do comprimento axial) e relaxamento (retorno do comprimento até o final da expiração) para manter um desempenho ventilatório eficiente. A pressão transdiafragmática (PDI) é a força gerada pelas fibras diafragmáticas, sendo assim, responsável pela força gerada no músculo, então quanto maior o comprimento inicial do músculo maior é a força gerada por ele².

O processo de respiração é controlado por centros respiratórios automáticos localizados no tronco cerebral e no córtex cerebral. Esses centros no tronco cerebral emitem sinais para um conjunto especializado de neurônios motores na medula espinhal cervical, especialmente os neurônios motores na coluna motora frênica, responsáveis pelos nervos frênicos que suprem os músculos do diafragma³.

Para fornecer um suporte em pacientes com comprometimento respiratório é utilizada a técnica da ventilação mecânica (VM) nas unidades de terapia intensiva (UTI), sendo realizada a curto prazo. Embora seja uma técnica fundamental de suporte a vida, seu uso inadequado ou prolongado poderá causar danos significativos aos pacientes. Efeitos adversos na intubação como broncoaspiração e na extubação acidental através da sedação insuficiente podem ter graves complicações impedindo sucesso no tratamento ao paciente⁴.

A VM também pode gerar lesões pulmonares diretas, definidas como barotrauma e volutrauma, gerando lesões pulmonares persistentes e é responsável por causar disfunção nos músculos dos membros e do diafragma, na maioria das vezes de forma simultânea. A perda muscular nos membros é gradual e lenta ocorrendo após 2-3 semanas de internação na UTI, já a disfunção diafragmática (DD) ocorre de forma mais rápida e é caracterizada pela diminuição progressiva da força, volume muscular e menor excursão gerada pela VM, sendo uma preocupação por fornecer uma menor capacidade inspiratória. O termo disfunção diafragmática induzida pela ventilação mecânica foi utilizado pela primeira vez por Vassilakopoulos para descrever os efeitos da VM e da descarga respiratória no diafragma^{5,6}.

A DD se dá por uma alteração da força muscular, podendo ser uma fraqueza ou uma paralisia, que tem como consequência uma diminuição da capacidade inspiratória e da resistência dos músculos respiratórios. Podendo afetar ambas as cúpulas diafragmáticas ao mesmo tempo ou de forma unilateral. A DD é subdiagnosticada por apresentar diversas clínicas distintas e muitas vezes inespecíficas, como uma dispnéia inexplicável⁷.

Para o diagnóstico precoce da DD podem ser utilizados algumas técnicas de avaliação como a radiografia de tórax, fluoroscopia e a tomografia computadorizada, no entanto essas técnicas apresentam alguns pontos negativos pela utilização de radiação ionizante ou necessidade de deslocamento do paciente. Uma alternativa com baixo risco ao indivíduo em assistência ventilatória é a ultrassonografia, método diagnóstico que permite avaliação da excursão diafragmática (DE) e índice de espessamento do diafragma (DTI) a beira leito sem emissão de radiação ionizante e apresentando vantagens em relação as outras técnicas⁶.

A ultrassonografia também é responsável por indicar atrofia durante o uso da ventilação mecânica. A espessura diafragmática avaliada pela ultrassonografia (modo B) é realizada no hemidiafragma direito, e a avaliação da excursão (modo M) é medida no eixo vertical. O DTI é medido na expiração final e inspiração final, sendo utilizado o seguinte cálculo $(DTI \text{ inspiração final} - DTI \text{ expiração final} / DTI \text{ expiração final}) \times 100$ ⁸.

Durante as técnicas de realização do exame de ultrassonografia, na visão intercostal utiliza-se um transdutor linear de alta frequência 7-18 MHz na região entre a sétima e oitava ou a oitava e a nona costelas, na linha axilar anterior, onde é possível avaliar a espessura e ecogenicidade do diafragma. Nesta posição também pode ser avaliado DE, porém se torna difícil em virtude de obstáculos, como durante a inspiração profunda, quando o pulmão desloca-se para baixo formando uma imagem obscurecida⁹.

Na visão subcostal anterior é utilizado um transdutor de baixa frequência e convexo 2-6 MHz. Para a visualização é colocado o transdutor entre as linhas hemiclavicular e axilar anterior, na região subcostal anterior. É necessário que o transdutor seja direcionado medialmente, cranialmente e dorsalmente, para que os feixes do ultrassom atinjam o terço posterior do diafragma direito. Esse é o método preferido para a avaliação da DE⁹.

Durante a visualização na região intercostal é observado o fígado à direita e o baço à esquerda, vistos como estruturas homogêneas. O músculo diafragmático apresenta longitudinalmente uma aparência ecogênica mista, constituído por fibras musculares hipoecóicas (escuras) e separadas por septos fibroadiposos hiperecóicas (brilhantes) e transversalmente a ecogenicidade muscular mista têm uma aparência de “noite estrelada”. Durante a inspiração o diafragma fica mais espesso, mas se o diafragma estiver gravemente atrofico aparecerá como uma faixa fina abaixo dos 14 músculos intercostais podendo não se mover no decorrer da inspiração¹⁰.

A falha no desmame da VM está associada a complicações significativas em pacientes críticos, principalmente devido às alterações no diafragma que surgem nas primeiras 48 horas após a intubação, sugerindo que a DD desempenhe um papel importante na falha do desmame. Além das complicações inerentes à ventilação mecânica invasiva (VMI) prolongada, o fracasso na extubação resulta em tempo de internação prolongado na UTI, aumento do risco de infecções pulmonares, necessidade de traqueostomia e elevação da taxa de mortalidade, que varia entre 23,5% e 53%^{11,12}.

Estudos recentes indicam diminuição da DE através da ultrassonografia modo M, onde pode analisar a falha no desmame igual ao índice de respiração rápida e superficial (IRRS) durante testes de respiração espontânea (TRE). Onde o ponto de corte da excursão para prever a falha do desmame é de 1,4 cm no hemidiagrama direito e 1,2 cm no esquerdo. E uma excursão inferior é consistente com uma maior chance de falha no desmame¹¹.

O desmame é dividido em duas partes, avaliação do desmame e TRE. Alguns índices podem ser empregados para a avaliação da capacidade de respiração espontânea em conjunto ao ultrassom. A ventilação minuto (Ve), pressão inspiratória máxima (Pimax), frequência respiratória (FR), IRRS e o índice combinado denominado CROP (conformidade, taxa, O₂, índice de pressão), são alguns exemplos de variáveis utilizadas durante o desmame, no entanto, esses índices pouco fizeram para melhorar o momento da extubação bem-sucedida¹³.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a eficácia do ultrassom diafragmático como ferramenta preditiva no desmame de pacientes submetidos à ventilação mecânica por meio de uma revisão integrativa da literatura.

2. Material e Métodos

Este estudo trata-se de uma revisão integrativa, cujo objetivo foi analisar a avaliação da espessura e excursão diafragmática para um índice positivo no desmame da ventilação mecânica, através da ultrassonografia diafragmática, onde a pesquisa foi direcionada a partir da pergunta: Qual a eficácia da utilização da ultrassonografia diafragmática como preditor no desmame em pacientes na UTI?

A pesquisa foi realizada utilizando as bases de dados MEDLINE via PubMed, LILACS via BVS, SciELO e PEDro. Foram utilizados os descritores em inglês "Weaning", "Mechanical Ventilation", "Ultrasound" e "Diaphragm", interligados pelo operador booleano "AND" para melhorar a revisão dos estudos relevantes (Tabela 1).

Foram incluídos artigos originais com diferentes delineamentos metodológicos, como ensaios clínicos randomizados e estudos de coorte. Os desfechos analisados foram o sucesso no desmame da ventilação mecânica, definindo como sucesso a respiração espontânea por pelo menos 48 horas após a extubação, com avaliação de parâmetros específicos de ultrassom.

Tabela 1 – Estratégia de busca
Table 1 – Search strategy

Base de dados	Estratégia de busca
MEDLINE via PubMed, LILACS via BVS, SciELO e PEDro	(Weaning) AND (Mechanical Ventilation) AND (Ultrasound) AND (Diaphragm).

Fonte: autoria própria (2024)
Source: own authorship (2024)

2.1 Critérios de elegibilidade (PICOT)

A seleção de estudos foi realizada por dois revisores independentes (HNS e BPS) no período de 9 de março a 13 de outubro de 2024, garantindo maior confiabilidade na análise dos dados. A estratégia de elegibilidade foi baseada na metodologia PICOT, sem restrição linguística.

Foi utilizado como critério de elegibilidade a estratégia PICOT: onde, P= população; I= intervenção; C= controle; O= desfecho; T= tipo de estudo. Dentro do nosso estudo, a população (P) foram pacientes adultos em ventilação mecânica, sem disfunção do diafragma, pacientes positivo para TRE e IRRS e como critério de exclusão pacientes pediátricos, paciente sem ventilação mecânica, gestantes e patologias que afetam diretamente o diafragma; na intervenção (I) foi a utilização da ultrassonografia diafragmática como preditor no desmame e como critério de exclusão a radiografia do tórax, tomografia computadorizada, ressonância magnética e eletromiografia torácica; o controle (C) foi o desmame da ventilação mecânica nos pacientes sem a ultrassonografia diafragmática; o desfecho (O) avaliação da espessura e excursão do diafragma para prever o desmame ventilatório. Nesta revisão, foram incluídos estudos originais (T) como descrito na tabela 2.

Os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados de forma sistemática nas bases de dados selecionadas: MEDLINE via PubMed, LILACS via BVS, SciELO e PEDro. Após a triagem inicial, os estudos passaram por análise aprofundada para garantir que atendiam integralmente aos requisitos da estratégia PICOT.

Tabela 2 – Critérios de elegibilidade (PICOT)
Table 2 – Eligibility Criteria (PICOT)

Acrônimo	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
P	Pacientes adultos em ventilação mecânica em unidades de terapia intensiva.	Pacientes pediátricos, paciente sem ventilação mecânica, gestantes e patologias que afetam diretamente o diafragma.
I	Utilização da ultrassonografia diafragmática durante o processo de desmame da ventilação mecânica.	Outras técnicas de exames imaginológicos.
C	Desmame da ventilação mecânica sem o uso da ultrassonografia diafragmática.	-
O	Avaliação da espessura e excursão do diafragma e sucesso no desmame.	-
T	Estudos originais (prospectivo, coorte, observacional e randomizado).	-

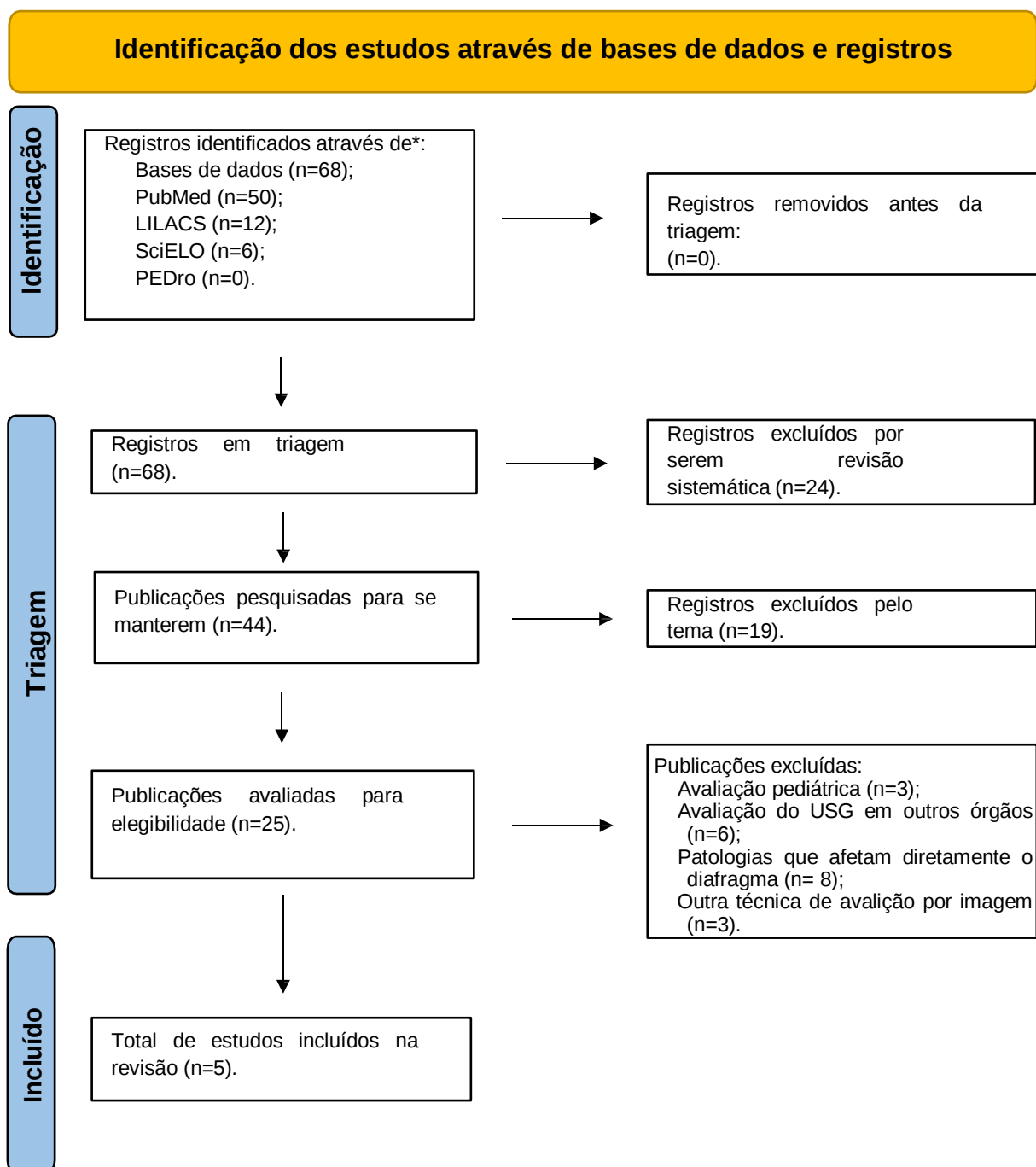
Fonte: autoria própria (2024)
Source: own authorship (2024)

3. Resultados

O processo de seleção dos estudos seguiu as diretrizes do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). O fluxograma elaborado detalha todas as etapas do processo, desde a identificação inicial de 68 estudos, até a exclusão de 63 artigos por não atenderem aos critérios estabelecidos. O processo de exclusão se deu a partir dos seguintes critérios, após a leitura do título ou resumo, por serem artigos de revisão sistemática, por avaliarem pacientes pediátricos, por utilizar avaliação ultrassonográfica em outros órgãos e por apresentar pacientes portadores de patologias que afetavam diretamente o diafragma, resultando em 5 estudos incluídos na análise final. A seleção dos estudos incluídos nesta revisão está representada no fluxograma da figura 1.

Os dados extraídos dos estudos foram organizados nas tabelas 3 e 4 contendo informações como autor/ano, tipo de estudo, características da amostra, intervenção realizada, desfechos analisados e valores estatísticos (como valor de p, sensibilidade, especificidade). Assim, foi possível avaliar e comparar os resultados das técnicas de ultrassom utilizadas para a previsão do desmame ventilatório.

Figura 1 – Fluxograma de pesquisa Prisma Flow Diagram 2020/2021



Fonte: autoria própria.

Tabela 3 – Características dos estudos incluídos
 Table 3 – Characteristics of included studies

Autor/ano	Tipo de estudo	Amostra	Avaliação
DiNino <i>et al.</i> (2014)	Coorte	63 pacientes	Medição da variação percentual da espessura do diafragma (Δ TDI%) com ultrassom.
Yoo <i>et al.</i> (2016)	Ensaio clínico	60 pacientes >18 anos (40 homens e 20 mulheres)	Medição de DE e DTF por ultrassom.
Shereen Farghaly MD <i>et al.</i> (2016)	Coorte	54 pacientes (23 mulheres e 31 homens) com idade média de 65 (H) e 62,5 (M)	Avaliação do DTF através do ultrassom.
Waffa. Abdelwahed <i>et al.</i> (2019)	Coorte	65 pacientes >18 anos	Medidas de DE e DTF por ultrassom.
Alam <i>et al.</i> (2021)	Coorte	31 pacientes >18 anos (19 homens e 12 mulheres)	Medidas de DE e DTF por ultrassom.

Fonte: autoria própria (2024)
 Source: own authorship (2024)

Tabela 4 – Resultado dos estudos incluídos

Table 4 – Results of included studies

Autor/ano	Resultado	DE (modo M)	DTF (modo B)	IRRS (comparação)
DiNino <i>et al.</i> (2014)	N= 14 falhas na extubação N= 49 extubados com sucesso	-	Sensibilidade de 88% e especificidade de 71% p<0,97	Sensibilidade de 87% e especificidade de 33%
Yoo <i>et al.</i> (2016)	N= 13 falhas na extubação N= 47 extubados com sucesso	Sensibilidade de 80,9% e especificidade de 69,2% p<0,001	Sensibilidade de 76,6% e especificidade de 46,2% p<0,008	-
Farghaly <i>et al.</i> (2016)	N= 13 reintubados N= 18 extubados com sucesso	Sensibilidade de 64,9% e especificidade de 100% p<0,0001	Sensibilidade de 75,5% e especificidade de 86,6% p0,021	Sensibilidade de 90% e especificidade de 18,7% p0,782
Abdelwahed <i>et al.</i> (2019)	N= 14 não conseguiram ser desmamados N= 51 desmamados com sucesso	-	Sensibilidade de 94% e especificidade de 78% p0,001	Sensibilidade de 90% e especificidade de 71% p0,0003
Alam <i>et al.</i> (2021)	N= 13 reintubados N= 18 extubados com sucesso	Sensibilidade de 77,8% e especificidade de 84,6% p0,001	Sensibilidade de 61,1% e especificidade de 84,6% p0,04	Sensibilidade de 66,7% e especificidade de 53,8% p0,41

Fonte: autoria própria (2024)

Source: own authorship (2024)

3.1 Aspectos dos artigos analisados

O estudo de DiNino *et al.*¹⁴ teve como amostra neste estudo, 63 pacientes em ventilação mecânica, selecionados de maneira prospectiva. Este estudo teve como avaliação, o uso da ultrassonografia diafragmática, sendo um preditor de sucesso na extubação dos pacientes, usando medidas como a DTF. Durante os testes de desmame realizados durante o TRE ou com suporte de pressão (PS), foi medida e calculada a variação percentual da espessura do diafragma ($\Delta tdi\%$) entre o final da expiração e da inspiração. Tendo como objetivo averiguar se o $\Delta tdi\%$ poderia ser um preditor confiável para prever um bom sucesso na extubação, em comparação aos métodos tradicionais, como o IRRS.

Os resultados mais relevantes mostraram que um $\Delta tdi\% \geq 30\%$ apontou uma sensibilidade de 88% e especificidade de 71% para ser um bom preditor no sucesso do desmame. O estudo concluiu que a ultrassonografia do espessamento diafragmático, indicou ser um preditor mais eficiente do que os métodos tradicionais, como o IRRS. Foi visto também nesse estudo, a precisão do $\Delta tdi\%$ sendo avaliada através da curva ROC (Receiver Operating Characteristic), tendo a área sob a curva ROC: AUC de 0,79, esse valor mostra que o $\Delta tdi\%$ tem uma capacidade reduzida de prever o sucesso do desmame, sendo útil, mas não perfeito, nas probabilidades de extubação bem-sucedida¹⁴.

O estudo de Yoo *et al.*⁸ teve acompanhamento ao longo de 8 meses, onde constaram 60 pacientes internados na UTI, todos em ventilação mecânica durante pelo menos 48 horas antes de se submeterem aos testes de desmame. Foram realizadas por ultrassonografia as medidas de excursão e $\Delta tdi\%$ dentro das 24 horas antes da extubação. Tendo como objetivo comparar a eficácia desses dois parâmetros ultrassonográficos do diafragma, a DE e a $\Delta tdi\%$, para demonstrar se é um bom preditor no sucesso da extubação em pacientes críticos.

Tiveram como resultados positivos na extubação, os pacientes que apresentaram um grau maior de excursão do diafragma e um aumento no $\Delta tdi\%$, em comparação com os que falharam. Dessa forma, o estudo demonstrou que a DE é melhor e mais confiável para prever o sucesso da extubação do que a $\Delta tdi\%$ em pacientes críticos. Em questão da análise da curva ROC mostrou que a DE teve como área sob a curva ROC: AUC de 0,836, ao mesmo tempo que a alteração percentual no $\Delta tdi\%$ apresentou uma ROC: AUC de 0,698. Indicando assim, que a DE foi um preditor mais preciso para o sucesso da extubação em pacientes na UTI do que a $\Delta tdi\%$.⁸

O estudo realizado por Farghaly *et al.*¹⁵, publicado em 2016, incluiu 54 pacientes que conseguiram realizar e passar no TRE, sendo assistidos por 48 horas após a extubação. Os parâmetros ultrassonográficos do diafragma incluídos, foram as avaliações de espessura e excursão do diafragma, assim como a fração de espessamento diafragmático (DTF), realizadas durante o TRE e associadas com intervenções de desmame tradicionais para comparação.

Os resultados mostraram que o sucesso dos pacientes após a extubação, foram aqueles que obtiveram valores consideravelmente mais altos de excursão e espessamento do diafragma. Já o IRRS, apresentou alta sensibilidade 90% e baixa especificidade 18,7%, demonstrando assim, que a ultrassonografia diafragmática possibilita uma alternativa mais adequada para a extubação. Neste estudo foram analisados os valores da curva ROC, nos parâmetros da DE $\geq 10,5$ mm ROC: AUC de 0,879, com sensibilidade de 87,5% e de especificidade de 71,5%. DTI no final da inspiração ≥ 21 mm ROC: AUC de 0,831, com uma sensibilidade de 77,5% e especificidade de 86,6%. DTI no final da expiração $\geq 10,5$ mm ROC: AUC de 0,688, com uma sensibilidade de 80% e especificidade de 50%. E DTF% $\geq 34,2\%$ ROC: AUC de 0,708, com sensibilidade de 90% e especificidade de 64,3%. Onde esses valores de AUC ressaltam que a excursão do diafragma foi a medida com melhor resultado no estudo, embora a espessura diafragmática no final da inspiração também obteve valores positivos significativos¹⁵.

O estudo de Abdelwahed *et al.*¹⁶, publicado em 2019, analisou o uso da ultrassonografia para medir a DTF como um parâmetro para prever o sucesso no desmame em pacientes ventilados mecanicamente. Este estudo incluiu 65 pacientes avaliados com sucesso nos critérios para o desmame e foram sujeitos ao TRE. Onde durante o teste, a DTF foi calculada e comparada com o IRRS, tipicamente utilizado na extubação.

Os resultados apresentados mostraram que uma DTF $\geq 30\%$ é um excelente preditor para que a extubação fosse bem-sucedida, com sensibilidade de 94% e especificidade de 78%, ultrapassando o IRRS em precisão. Concluindo assim, que a DTF por ultrassonografia é um método seguro e eficiente

para prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica, apresentando melhor potencial para redução de falhas na extubação e diminuição do tempo de internação hospitalar em relação ao IRRS. Foi incluído também nesse estudo a análise da curva ROC para a DTF: Área da curva ROC: AUC de 0,89, demonstrando aumento na precisão para prever o sucesso da extubação. E o IRRS: Área da curva ROC: AUC de 0,80. Mostrando que a DTF teve uma melhor atuação tanto em sensibilidade (94%) quando em especificidade (78%), em comparação ao IRRS, apresentando-se como um preditor mais confiável para o sucesso do desmame ventilatório¹⁶.

O estudo de Alam *et al.*¹⁷ realizado entre setembro de 2019 e agosto de 2020, incluiu amostras de 31 pacientes com idade superior aos 18 anos, onde apresentaram um cenário clínico adequado para o desmame ventilatório. Foram efetuados exames de ultrassonografia para avaliar a DE e a DTF em três tempos: no início do teste da peça T, após 10 minutos e imediatamente antes da extubação. Também foi calculado o IRRS, tendo o propósito de compará-lo com os parâmetros ultrassonográficos como um bom preditor de desmame.

Os resultados demonstraram que a DE, com sensibilidade de 77,8% e a especificidade de 84,6%, foi positiva como preditor de sucesso na extubação. Já a DTF, teve um resultado moderado em relação ao sucesso da extubação, enquanto o IRRS não apresentou uma relação significativa. O estudo concluiu que a ultrassonografia diafragmática, em particular o método DE, é mais eficaz e confiável para a extubação bem-sucedida do que o IRRS. Nesse estudo os valores da curva ROC foram utilizados para medir a eficácia da DE e DTF, onde para a DE a área da curva ROC:AUC foi de 0,83 apontando um forte preditor de extubação e com alta capacidade de indicar pacientes que terão sucesso ou falha no desmame. E para a DTF a área da curva ROC: AUC foi de 0,69 mostra uma precisão razoável e inferior à da DE, em relação à previsão do resultado positivo de extubação¹⁷.

4. Discussão

A ultrassonografia diafragmática é amplamente utilizada para avaliar e monitorar a espessura e a excursão do diafragma. Os estudos utilizados no resultado do trabalho avaliaram se o uso do ultrassom diafragmático é um bom preditor para a extubação e desmame de pacientes ventilados mecanicamente. Estudos como o de Farghaly *et al.*¹⁵ e de Alam *et al.*¹⁷ compararam duas técnicas de ultrassom (modo B e modo M) com a técnica clínica tradicional de avaliação de extubação (IRRS). Já os trabalhos de DiNino *et al.*¹⁴ e Abdelwahed *et al.*¹⁶ exploram a eficácia do ultrassom como preditor utilizando apenas uma técnica (modo B), também em comparação com o IRRS. Além disso, o artigo de Yoo *et al.*⁸ avaliou através das duas técnicas (modo B e modo M), embora sem comparação com métodos tradicionais.

Diante dos estudos avaliados, os artigos de Alam *et al.*¹⁷, Farghaly *et al.*¹⁵ e Yoo *et al.*⁸, relataram que o ultrassom diafragmático através das duas técnicas (modo B e modo M), tiveram um bom resultado para prever o desmame, e perceberam que valores mais altos de DE, DTF e $\Delta tdi\%$, mostraram resultados mais significativos para pacientes desmamados, consequentemente aqueles que tiveram menores valores, apresentaram um alto índice de reentubação. Contudo, Alam *et al.*¹⁷ e Yoo *et al.*⁸, relataram que a excursão diafragmática é a melhor técnica ultrassonográfica em comparação com a espessura do diafragma para prever sucesso do desmame em pacientes mecanicamente ventilados.

O valor de maior ou igual que 30% para a fração de espessamento foi descoberto em 2013 por DiNino *et al.*¹⁴, que relatou onde 10 dos 14 pacientes que falharam na extubação tiveram um $\Delta tdi\%$ menor que 30%. Em 2019 Abdelwahed *et al.*¹⁶, citou DiNino *et al.*¹⁴ e confirmou em sua pesquisa onde o DTF mostrou o valor de maior ou igual que 30% apresentou uma sensibilidade de 94% e especificidade de 78% comparado com o IRRS, que teve o valor de sensibilidade de 90% e especificidade de 71%.

As diferenças metodológicas entre os estudos, como a quantidade dos operadores para a realização do exame como nos estudos de DiNino *et al.*¹⁴, Alam *et al.*¹⁷ e Yoo *et al.*⁸, não apresentaram quantidade específica de operadores, no artigo de DiNino *et al.*¹⁴, o operador foi treinado com três a cinco sessões de dez a cinco minutos. Farghaly *et al.*¹⁵, realizou as medições com dois pneumologistas experientes em ultrassonografia diafragmática e Abdelwahed *et al.*¹⁶, realizou apenas com um operador, podendo assim induzir um viés no resultado. Para o protocolo de medições pelo ultrassom também foram encontradas algumas diferenças, no artigo de Yoo *et al.*⁸ foi realizado durante o TRE, no de Farghaly *et al.*¹⁵ foi realizado trinta minutos após o início do TRE, no de Abdelwahed *et al.*¹⁶ de

cinco a dez minutos do TRE e no de Alam *et al.*¹⁷ em três momentos diferentes (início do TRE, após dez minutos do TRE e imediatamente após a extubação). No artigo de DiNino *et al.*¹⁴, foi realizado de três a cinco medições para cada paciente nos primeiros cinco minutos do TRE ou PS.

O método tradicional clínico do desmame (IRRS) foi comparado com a técnica de avaliação ultrassonográfica pelos estudos de Alam *et al.*¹⁸, Farghaly *et al.*¹⁵, DiNino *et al.*¹⁴ e Abdelwahed *et al.*¹⁶, onde relataram que os resultados mostrados de DE, DTF e $\Delta t_{di}\%$, saíram como melhor preditor no desmame em comparação com esse método clínico. Segundo os estudos de Karthika *et al.*¹⁸, Danaga *et al.*¹⁹, Boutou *et al.*²⁰, Vidotto *et al.*²¹, mostraram que o IRRS não é um bom método de avaliação para o desmame, por não prever uma extubação eficaz, por ter uma taxa de previsão muito baixa ou por não ser um bom preditor de extubação para pacientes neurológicos, respectivamente. Dos cinco artigos selecionados, apenas Yoo *et al.*⁸, não apresentou comparação ao IRRS ou qualquer outro meio de avaliação de desmame ventilatório, limitando o seu resultado unicamente as técnicas do ultrassom.

Os estudos apresentaram algumas variações, dentre elas o tamanho da amostra tendo uma média geral dos cinco artigos de 63,8 pacientes, onde foi um indicador insuficiente, podendo impactar no resultado das amostras, porém o estudo de Vivier *et al.*²², apresentou uma amostra de 284 pacientes, onde foi considerado uma referência no âmbito da pesquisa do estudo. Foi relatado também se pesquisa foi unicêntrica ou multicêntrica, onde quatro dos artigos do resultado realizaram o estudo de forma unicêntrica e apenas DiNino *et al.*¹⁴, realizou em dois Hospitais, um estudo multicêntrico.

No trabalho de Alam *et al.*¹⁷, citou que uma das limitações foi a não realização da comparação do ultrassom a técnica da estimulação do nervo frênico, considerada padrão ouro, porém no estudo de Martin *et al.*²³ informa que fizeram uma comparação com a mesma técnica e viu que apresentaram resultados semelhantes, através dos valores de ROC (DTI com AUC de 0,82 e estimulação de nervo frênico com AUC de 0,80) mas diz que o ultrassom tem vantagens acima do exame de estimulação do nervo frênico, mostrando um resultado confiável como um substituto na avaliação do diafragma durante o desmame ventilatório.

Embora os artigos citados no resultado defenderem as técnicas de ultrassonografia diafragmática como um bom preditor de sucesso, Fossat *et al.*²⁴, mostraram que nenhum dos índices conseguiram prever falha ou desmame em 72 horas, como o DTF que não permitiu uma previsão satisfatória do resultado da extubação ou do desmame. O artigo de Martin *et al.*²³ relata que a DD não apresenta um marcador importante no resultado de desmame e que o ultrassom pode ser uma técnica complementar, mas não uma ferramenta para prever uma falha na extubação. Corroborando com esse estudo Vivier *et al.*²², descobriram que avaliação da função do diafragma não mostrou previsão no resultado da extubação, pois o diafragma pode não ter relação com a falha da extubação em comparação a outros achados clínicos, como a incapacidade de remover secreções com tosse eficaz.

No contexto clínico dos resultados dos artigos, a ultrassonografia se diz ter um papel importante como um preditor de desmame eficaz, utilizando o DE como a melhor técnica para avaliação de extubação bem sucedida, segundo Yoo *et al.*⁸, Farghaly *et al.*¹⁵, e Alam *et al.*¹⁷, que realizaram comparação entre as técnicas ultrassonográficas. Já Abdelwahed *et al.*¹⁶, diz que a fração de espessamento do diafragma direito maior ou igual que 30% foi ligeiramente melhor que o IRRS em relação com sensibilidade e especificidade, sendo um bom preditor para o desmame e DiNino *et al.*¹⁴, diz que a fração de espessamento é um bom preditor quando usado durante o TRE ou PS.

5. Conclusão

Os estudos fornecem diversas informações sobre a ultrassonografia ser um bom preditor por ser de rápida avaliação e não ser uma técnica invasiva, sendo utilizada com diferentes técnicas ultrassonográficas e comparadas a outras técnicas de desmame convencionais, verificando-se que o ultrassom pode identificar alterações diafragmáticas para predizer o tempo de desmame. Porém com a falta de padronização para a realização da técnica e as diferentes abordagens citadas nas pesquisas, sugere-se que ela não seja aplicada de forma isolada, mas sim como adjunto em conjunto com as ferramentas convencionais, contribuindo para a redução do tempo de ventilação mecânica.

6. Referências

1. Bruzzzone OK, Figueiroa M. El diafragma, el hiato y la unión gastroesofágica. *Rev Argent Cirug.* 2020; 112(4):407-413. Doi: <http://dx.doi.org/10.25132/raac.v112.n4.ankor>
2. Harrison GR. The Anatomy and Physiology of the Diaphragm. In: *Upper gastrointestinal Surgery*. London: Springer Specialist Surgery Series; 2005. p. 45-58.
3. Saller MM, et al. The role of Sema3-Npn-1 signaling during diaphragm innervation and muscle development. *Journal of Cell Science.* 2012; DOI: <https://doi.org/10.1242/jcs.186015>
4. Vetrugno L, Orso D, Bove T. Ultrasound of the diaphragm an essential tool for pulmonologists and intensivists. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.* 2020; 46(6):e20200367.
5. Valiatti SJLS, Amaral JLG, Falcão LFR. Efeitos pulmonares da ventilação mecânica. *Ventilação Mecânica: fundamentos e práticas.* 2016; Cap 3. P. 66-67.
6. Schepens T, Verbrugghe W, Dams K, Corthous B, Parizel PM, Jorens PG. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. *Critical Care.* 2015; v. 19, n. 1, p. 422, dez. DOI 10.1186/s13054-015-1141-0
7. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.* 2020; v. 46, n. 6, p. e20200064. DOI: <https://dx.doi.org/10.36416/1806-3756/e20200064>
8. Yoo J, Lee SJ, Lee JD, Kim HC. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success. *The Korean Journal of Internal Medicine.* 2016; v. 33, n. 2, p. 331–339. DOI: <https://doi.org/10.3904/kjim.2016.152>
9. Sarwal A, Walker FO, Cartwright MS. Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. *Muscle & Nerve.* 2013; v. 47, n. 3, p. 319–329. DOI: <https://doi.org/10.1002/mus.23671>
10. Boon AJ, Alsharif KI, Harper CM, Smith J. Ultrasound-guided needle EMG of the diaphragm: Technique description and case report. *Muscle & Nerve.* 2008; v. 38, n. 6, p. 1623–1626. DOI: 10.1002/mus.21187
11. Kim WY, Suh HJ, Hong S, Koh Y, Lim C. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical Care Medicine.* 2011; v. 39, n. 12, p. 2627–2630. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3182266408
12. Arcanjo ABB, Beccaria LM. Factors associated with extubation failure in an intensive care unit: a case-control study. *Rev. Latino-Am. Enfermagem.* 2023;31:e3864. DOI: 10.1590/1518-8345.6224.3864
13. Rittayamai N, Hemvimon S, Chierakul N. The evolution of diaphragm activity and function determined by ultrasound during spontaneous breathing trials. *Journal of Critical Care.* 2019; v. 51, p. 133–138. DOI: 10.1016/j.jcrc.2019.02.016

14. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diafragma Ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Critical care*. 2014; 69:423-427. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2013-204111
15. Farghaly S, Hasan AA. Diafragma Ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Australian Critical Care*. 2016; DOI: 10.1016/j.aucc.2016.03.004
16. Abdelwahed WM, Elghafar MAS, Arm YM, Alsherif SEI, El-tomy MA. Prospective study: Diaphragmatic thickness as a predictor index for weaning from mechanical ventilation. *Journal of Critical Care*. 2019; p. 10-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2019.03.006>
17. Alam MJ, Roy S, Iktidar MA Padma FK et al. Diafragma ultrasound as a better predictor of successful extubation from mechanical ventilation than rapid shallow breathing index. *Acute and Critical Care*. 2021; 37(1):94-100. DOI: 10.4266/acc.2021.01354
18. Karthika M, Al Enezi FA, Pillai LV, Arabi YM. Rapid and shallow breathing index. *Ann Thorac Med* 2016;11:167-76. DOI: 10.4103/1817-1737.176876
19. Danaga AR, Gut AL, Antunes LC, Ferreira AL, Yamaguti FA, Christovan JC et al. Evaluation of diagnostic performance and cutoff value of rapid shallow breathing index in predicting extubation failure. *J Bras Pneumol*. 2009;35:541-7. DOI: 10.1590/s1806-37132009000600007
20. Boutou AK, Abatzidou F, Tryfon S, Nakou C, Pitsiou G, Argyropoulou P et al. Diagnostic accuracy of the rapid shallow breathing index for predicting the outcome of a successful spontaneous breathing trial in mechanically ventilated patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart and Lung*. 2011;40:105-10. DOI: 10.1016/j.hrtlng.2010.02.002
21. Vidotto MC, Sogame LC, Calciolari CC, Nascimento OA, Jardim JR. Predicting extubation success in postoperative neurosurgical patients using tidal volume–frequency relationships. *Neurocrit Care*. 2008;9:83-9. DOI 10.1007/s12028-008-9059-x
22. Vivier E, Müller M, Putegnât JB et al. Inability of diaphragm ultrasound to predict extubation failure. *CHEST*. 2019; 155(6):1131-1139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.03.004>
23. Martin V, Goligher EC, Dubé BP et al. Diaphragm function and weaning from mechanical ventilation: an ultrasound and phrenic nerve stimulation clinical study. *Ann. Intensive Care*. 2018; 8:53. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13613-018-0401-y>
24. Fossat G, Daillet B, Desmalle E, Boulain T. Does diaphragm ultrasound improve the rapid shallow breathing index accuracy for predicting the success of weaning from mechanical ventilation? *Australian Critical Care*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2021.05.008>