UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

HOSPITAL DE CLÍNICAS- HCUFU

PROGRAMA DE RESIDÊNCIA EM ÁREA MULTIPROFISSIONAL DA SAÚDE

LARISSA GIOVANNA DE OLIVEIRA ARAUJO

A AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DO ULTRASSOM PARA PREVER SUCESSO NA EXTUBAÇÃO DE PACIENTES CRÍTICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

UBERLÂNDIA

2021

LARISSA GIOVANNA DE OLIVEIRA ARAUJO

A ACURÁCIA DO ULTRASSOM PARA PREVER SUCESSO NA EXTUBAÇÃO DE PACIENTES CRÍTICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Residência apresentado ao Programa de Residência em Área Multiprofissional da Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a conclusão da Residência em Atenção ao Paciente em Estado crítico e obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof.ª Drª Eliane Maria de Carvalho

UBERLÂNDIA

2021

LARISSA GIOVANNA DE OLIVEIRA ARAUJO

A ACURÁCIA DO ULTRASSOM PARA PREVER SUCESSO NA EXTUBAÇÃO DE PACIENTES CRÍTICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Residência apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção de título em Especialista em Atenção ao Paciente em Estado Crítico

Banca Examinadora:

Prof.ª Drª Eliane Maria de Carvalho- **Orientadora**

Universidade Federal de Uberlândia

Drª Elaine Cristina Gonçalves- **Membro Titular**

Hospital de Clínicas de Uberlândia

Prof.ª Ma. Alana Lalucha de Andrade Guimarães- **Membro Titular**

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Andrea Caixeta Gonçalves- **Membro Suplente**

Hospital de Clínicas de Uberlândia/ Centro Universitário do Triângulo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que me apoiaram nesses dois anos de residência. Foram meses de aprimoramento profissional, mas sobretudo pessoal. Agradeço a todos aqueles que encontrei no caminho e que me estimularam a crescer e a me desenvolver, que me deram suporte e que acreditaram em meu trabalho. Agradeço a todos que me auxiliaram a me tornar a profissional que hoje sou. Agradeço o apoio da minha orientadora Prof.ª Drª Eliane Maria de Carvalho, que confiou em mim e me deu todo suporte no desenvolvimento de meu projeto, mas que também se manteve presente durante todo o período de residência. Agradeço também seu aluno Lucas dos Santos Galaverna pelo auxílio no processo de buscas e extração dos dados do trabalho. Agradeço a minha orientadora de mestrado, Prof.ª Drª Tânia Maria da Silva Mendonça e seu orientando Rafael Correa de Faria, pelos ensinamentos e suporte na construção metodológica do presente estudo que renderá seus frutos no mestrado profissional. Agradeço aos membros da banca por terem aceitado o convite e por suas futuras contribuições. Agradeço a todos que me apoiaram em minha jornada e já ansiosa pelo que me aguarda no futuro próximo.

RESUMO

INTRODUÇÃO: o momento ideal para a extubação de pacientes em estado crítico ainda é incerto. As avaliações com os métodos convencionais de desmame não geram resultados objetivos e estão associadas a altos índices de falha após retirada da via aérea artificial. Com isso, as buscas por métodos complementares têm aumentado. Dentre eles, o ultrassom tem se mostrado menos subjetivo e apresentado vantagens quanto sua utilização em ambiente hospitalar. **OBJETIVO:** avaliar a acurácia do ultrassom para prever sucesso na extubação de pacientes em estado crítico. **METODOLOGIA:** foram realizadas as buscas nas bases de dados Pubmed, Embase, Cochrane, Web of Science, Lilacs e Science Direct, além da literatura cinzenta entre novembro de 2020 e janeiro de 2021. Foram incluídos ensaios clínicos, em língua inglesa, que apresentavam em sua amostra participantes internados em unidades de terapia intensiva, em ventilação mecânica há pelo menos 48 horas, avaliados com o ultrassom previamente a extubação. **RESULTADOS:** a busca resultou em um total de três artigos. O diafragma foi avaliado nos três estudos e apenas um apresentou avaliação pulmonar. O ultrassom mostrou alta acurácia na predição de sucesso de extubação. Quando comparado a testes convencionais, apresentou resultados significativamente superiores. Além disso, a análise pulmonar com o método mostrou menores chances de falha na retirada do suporte ventilatório. **CONCLUSÃO:** o ultrassom se mostrou útil e com alta acurácia da predição de sucesso da extubação de pacientes em estado crítico.

Palavras-chave: ultrassom, ultrassonografia, extubação, desmame, ventilação mecânica, pulmão, diafragma, tórax.

ABSTRACT

INTRODUCTION: the ideal time for extubation of critically ill patients is still uncertain. Evaluations with conventional weaning methods do not generate objective results and are associated with high failure rates after removal of the artificial airway. As a result, searches for complementary methods have increased. Among them, ultrasound has been shown to be less subjective and has presented advantages regarding its use in a hospital environment. **OBJECTIVE:** to evaluate the accuracy of ultrasound to predict success in extubating patients in critical condition. **METHODOLOGY:** searches were carried out in the databases Pubmed, Embase, Cochrane, Web of Science, Lilacs and Science Direct, in addition to the gray literature between November 2020 and January 2021. Clinical trials, in English, that included in his sample participants hospitalized in intensive care units, on mechanical ventilation for at least 48 hours, evaluated with ultrasound prior to extubation. **RESULTS:** the search resulted in a total of three articles. The diaphragm was evaluated in the three studies and only one presented pulmonary evaluation. Ultrasound showed high accuracy in predicting extubation success. When compared to conventional tests, it showed significantly superior results. In addition, pulmonary analysis with the method showed less chance of failure to withdraw ventilatory support. **CONCLUSION:** ultrasound proved to be useful and highly accurate in predicting the success of extubation in critically ill patients.

Keywords: *ultrasound; ultrasonography, extubation, weaning, mechanical ventilation, lung, diaphragm, chest.*

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1. Diagrama de fluxo mostrando a triagem e seleção dos estudos

Tabela 1. Características dos estudos incluídos

Tabela 2. Resultados das curvas ROC da acurácia do ultrassom para prever sucesso na extubação

Tabela 3. Risco de viés dos estudos incluídos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....9

2. OBJETIVOS 11

2.1. Objetivo geral..... 11

2.2. Objetivos específicos 11

3. METODOLOGIA 11

3.1 Percurso Metodológico..... 11

3.2. Seleção dos estudos 11

3.3. Extração e gerenciamento de dados 12

3.4. Avaliação do risco de viés nos estudos incluídos 13

4 RESULTADOS 13

5 DISCUSSÃO.....17

6 CONCLUSÃO ..... .21

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21

APÊNDICE A 27

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos os recursos disponíveis em terapia intensiva se tornaram cada vez mais avançados, possibilitando a sobrevida de pacientes em estado crítico (HOTES; KALMAN, 2001; GRENVIK; PINSKY, 2009; ARRUDA et al., 2019). Uma dessas evoluções é a possibilidade de ofertar suporte ventilatório através de via aérea artificial, ou ventilação mecânica, aos pacientes que apresentam insuficiência respiratória aguda ou crônica agudizada, visando otimizar a troca gasosa, a diminuição da fadiga e do trabalho respiratório (CARVALHO; TOUFEN JUNIOR; FRANCA, 2007; SCHETTINO, 2014). Entretanto, apesar de proporcionar suporte vital quando necessário, um tempo prolongado em ventilação mecânica está associado a altos riscos de complicações dos pacientes que dela necessitam, como maiores índices de infecções pulmonares, diminuição de força muscular respiratória, aumento da mortalidade, do tempo de internação e, consequentemente, dos custos hospitalares (HARIBHAI; MAHBOOBI, 2020; MACINTYRE, 2007; VILLALBA et al., 2020).

O tempo entre a evolução dos parâmetros ventilatórios e a extubação de pacientes críticos pode se tornar longo e incerto e ocupar cerca de 40% do tempo total de auxílio ventilatório (THILLE; RICHARD; BROCHARD, 2013; QUINTARD et al., 2019). Uma avaliação adequada previamente a extubação é essencial para maiores chances de sucesso após a retirada da via aérea artificial (TANWAR et al., 2019; SAEED; LASRADO, 2020). Para que isso ocorra, os pacientes devem apresentar estabilidade hemodinâmica, adequado nível de consciência, correção da doença de base, adequada troca gasosa e a presença de drive respiratório (MACINTYRE, 2007; HOWIE; DUTTON, 2012; BOBBS et al., 2019). Com isso, a diminuição do tempo do suporte ventilatório nas unidades de terapia intensiva pode corroborar de forma proporcional à menores chances de efeitos deletérios advindos da ventilação mecânica (GOLDWASSER et al., 2007; BLACKWOOD et al., 2011; BAZELAK et al., 2019).

Apesar da retirada da via aérea artificial ser necessária no momento adequado e o mais precocemente possível, esse processo ainda corresponde a uma zona cinzenta. Os métodos de avaliação e índices preditivos de desmame utilizados, na grande maioria das vezes, podem apresentar resultados subjetivos e insuficientes para prever a falha na extubação de pacientes em estado crítico (GOLDWASSER et al., 2007; MOKHLESI et al., 2007; TU et al., 2018). O teste de respiração espontânea, também conhecido como "tubo T", é frequentemente utilizado como preditor de sucesso de desmame. No entanto, cerca de 20% dos pacientes que apresentam resultados adequados quando submetidos a ele, falham na tentativa de extubação e necessitam retornar ao suporte ventilatório (NEMER; BARBAS, 2011; NASCIMENTO et al., 2017). A falha na extubação é definida como a necessidade de retomar à ventilação mecânica por meio de vias aéreas artificiais dentro de 48 horas após sua retirada (KULKARNI; AGARWAL, 2008; CRUZ et al., 2018).

O retorno a ventilação mecânica é considerado multifatorial e pode ser causado por fatores como a obstrução laríngea, insuficiência respiratória, broncoespasmo, sangramentos excessivos e os efeitos colaterais advindos da utilização prolongada de certos medicamentos (TEIXEIRA et al., 2012; CAVALLONE; VANNUCCI, 2013). A extubação mal planejada ou a avaliação através de índices menos precisos podem ocasionar a necessidade de reintubação, a qual associa-se a um aumento significativo dos índices de mortalidade e permanência hospitalar (SCODELLARO et al., 2017). Além disso, pode dificultar uma nova tentativa de retirada do suporte ventilatório, devido a uma diminuição significativa de força muscular global, com ênfase na musculatura respiratória e a maiores chances de infecção (DEAB; BELLANI, 2014).

Devido aos riscos da falha na extubação de pacientes em estado crítico, alguns métodos de avaliação vêm sendo estudados para que possam complementar as informações obtidas com os testes convencionais, visto a possibilidade de apresentarem resultados mais precisos e menos subjetivos (ASEHNOUNE et al., 2017; STEIDL et al., 2017). O ultrassom é um instrumento já conhecido que vem sido utilizado a beira leito em âmbito hospitalar para auxiliar no processo de extubação (OSMAN; HASHIM, 2017; BANERJEE; MEHROTRA, 2018; RAMAKRISHNAN; SIDDIQUI, 2018). Ele é um método em constante evolução e sua utilização têm sido relatada há aproximadamente 70 anos (PALKAR et al., 2018). A visualização da imagem é obtida por meio da propagação da onda sonora, através da vibração de suas partículas em um meio. Assim, é fornecida uma imagem bidimensional em tempo real e que torna possível a identificação de estruturas mais profundas, por meio de frequências que variam de 1 a 15 MHZ, devido a melhora tecnológica dos transdutores (PEIXOTO et al., 2010; LAGES et al., 2018).

O uso do ultrassom facilita aos profissionais de diversas especialidades a avaliação de inúmeras estruturas corporais, incluindo, os tecidos moles, órgãos e fluxo sanguíneo (OGLAT et al., 2018; OÑATE MIRANDA; FREIRE; BUREAU, 2020). Além disso, ele apresenta vantagens que o colocam em destaque na prática clínica, como o baixo custo, fácil utilização, ausência de radiação ionizante, transporte rápido e possibilidade de realização a beira leito (LICHTENSTEIN, 2014; WINKLER et al., 2018). Esse instrumento tem apresentado alta sensibilidade na identificação de condições patológicas e elevada especificidade na exclusão de alguns diagnósticos, como consolidações pulmonares e pneumotórax, respectivamente. Além disso, estudos recentes apontam que o ultrassom apresenta alta confiabilidade entre os avaliadores (FARGHALY; HASAN; MAKHLOUF, 2018; PALKAR et al., 2018).

Diante da necessidade de se reduzir o tempo em que os pacientes ficam em ventilação mecânica, e consequentemente, minimizar os riscos de maiores complicações que seu tempo prolongado pode gerar, surgiu a pergunta norteadora de nosso estudo: o ultrassom é eficaz como preditor de sucesso na extubação de pacientes ventilados mecanicamente? Com nossas buscas intencionamos disponibilizar aos profissionais de saúde, por meio de nosso estudo, uma ampliação do conhecimento sobre o ultrassom

como um método diagnóstico previamente à extubação de pacientes críticos, por meio de evidências mais robustas encontradas em ensaios clínicos (HALL et al., 2016; HODKINSON et al., 2018). Na hipótese dele se revelar um método menos subjetivo que aqueles já aplicados até o momento, isso auxiliará na tomada de decisão da equipe de profissionais da saúde quanto a sua utilização como método auxiliar de diagnóstico na prática clínica, o que consequentemente implicará em menores danos aos pacientes em estado crítico e na redução de ônus financeiro para os serviços de cuidado intensivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a acurácia do ultrassom para prever sucesso na extubação de pacientes em estado crítico.

2.2 Específicos

Verificar as formas de utilização do instrumento, suas principais características, as principais estruturas avaliadas e sua correlação com os resultados da extubação.

3 METODOLOGIA

3.1 Percurso Metodológico

As buscas foram realizadas por dois avaliadores independentes (L.G.O.A) e (E.M.C) nas bases eletrônicas de dados *Pubmed, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science, Lilacs e Science Direct.* A busca de dados ocorreu entre novembro de 2020 e janeiro de 2021, e compreendeu todo o período disponível nas bases de dados, com textos publicados no idioma inglês. Foram utilizados descritores, combinações de assuntos, palavras-chave e sinônimos relacionados ao ultrassom (*ultrasonography, ultrasound, ecography*) e a retirada da via aérea artificial (*extubation, "airway extubation", "ventilator weaning*") por meio do vocabulário controlado utilizado para indexação específica para cada banco de dados pesquisado (Apêndice A). A combinação dos descritores foi realizada por meio dos operadores booleanos "AND", "OR" e "NOT". Além disso foram realizadas buscas na literatura cinzenta e foram verificadas as referências de outras revisões sistemáticas para identificar outros estudos elegíveis.

3.2 Seleção dos estudos

Incluímos em nossa revisão sistemática ensaios clínicos randomizados, publicados em inglês, com participantes de ambos os sexos, maiores de 18 anos, que estiveram internados em uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI), que foram submetidos à ventilação mecânica invasiva por pelo menos 48 horas, que tiveram as causas que levaram à insuficiência respiratória solucionadas e que foram avaliados com o ultrassom à beira leito previamente à extubação.

Foram excluídos os estudos em que avaliaram participantes que apresentaram diagnóstico clínico de trauma torácico, lesão medular cervical, cirurgia cardíaca, cirurgia pulmonar, ascite em grande volume, tumores abdominais, paralisia do nervo frênico, doenças neuromusculares, gravidez ou que apresentaram instabilidade hemodinâmica previamente à extubação. Além disso excluímos os estudos com menos de 20 participantes e que não apresentaram em seus resultados os desfechos de sucesso ou falha da extubação após avaliação com ultrassom.

3.3 Extração e gerenciamento de dados

As buscas foram realizadas por dois avaliadores, de forma independente, que selecionaram inicialmente, os títulos, resumos e palavras-chaves dos estudos para análise da elegibilidade. Os resultados foram categorizados em "sim", "não" ou "talvez" e quando necessário, os estudos foram lidos na íntegra para determinação de sua classificação final.

O *software* de referências *Zotero* foi utilizado para inclusão e seleção dos resultados dos estudos, com exclusão das duplicatas. Posteriormente, a extração dos dados foi realizada e os dados obtidos foram computados em uma tabela confeccionada para tal finalidade.

Para determinar um grau de concordância entre os autores, utilizamos o Coeficiente de Kappa. O cálculo foi obtido por meio da subtração da "proporção observada de concordâncias" P(O), que equivale a soma das respostas concordantes dos avaliadores divididas pelo total, pela "proporção esperada de concordâncias" P(E), equivalente a soma dos valores esperados das respostas concordantes dividida pelo total. Após essa subtração, o valor obtido foi dividido pelo número 1 menos a "proporção observada de concordâncias" P(E), seguindo a fórmula: P(O)-P(E)/1-P(E). O Coeficiente de Kappa apresenta como valor máximo +1, que representou a concordância total entre os avaliadores e como menor valor -1, sendo que valores abaixo ou próximos de 0 equivaleram a discordância entre os juízes, ou nenhuma concordância.

As divergências entre as avaliações feitas pelos dois coautores (L.G.O.A.) e (E.M.C), foram resolvidas por meio de discussões com terceiro autor (L.S.G). Após identificação dos estudos incluídos, os autores analisaram de forma independente os dados obtidos através de um formulário digital de extração de dados piloto projetado para essa revisão, que incluiu a parte metodológica (desenho do estudo, método de randomização, método de alocação, tamanho da amostra, métodos de mascaramentos dos investigadores, participantes e avaliadores, interrupção da avaliação e perdas de seguimento), características dos participantes (idade, sexo, diagnóstico clínico, critérios de inclusão, critérios de exclusão, número de pacientes randomizados, número de perdas, número total de pacientes recrutados), tipos de intervenções (tipo de ultrassom, métodos de avaliação convencionais, forma de avaliação com todos os métodos

utilizados, parâmetros de intensidade, modo de utilização e duração da avaliação) e os principais

resultados (resultado primário e resultados secundários).

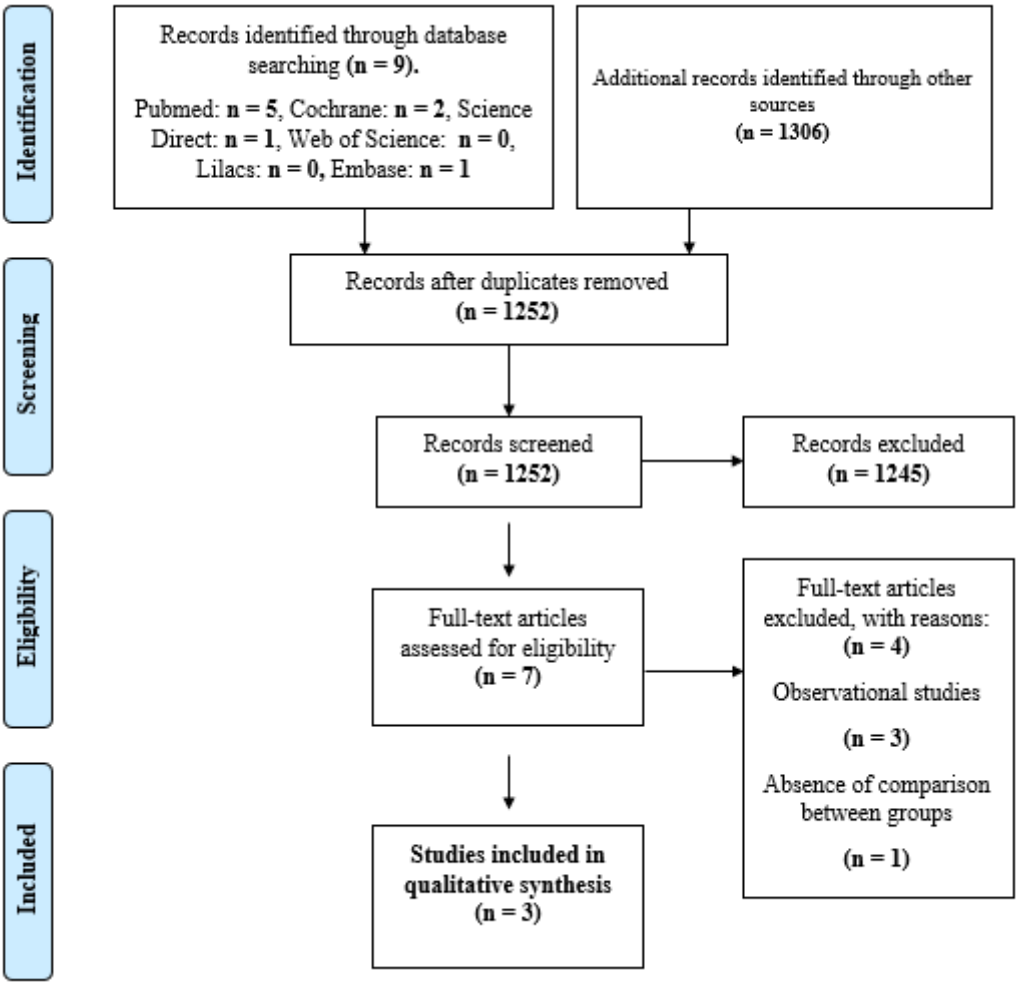
3.4 Avaliação do risco de viés nos estudos incluídos

O risco de viés dos estudos incluídos foi avaliado por meio da ferramenta "Risco de Viés" Cochrane para estudos randomizados (RoB 2) de acordo com *Cochrane Handbook for Systematic Rewiew of Interventions* (HIGGS et al., 2018), por dois avaliadores de forma independente (L. G. O. A) e (E. M. C). As avaliações foram realizadas por meio de cinco domínios oferecidos pela ferramenta: viés decorrente do processo de randomização, enviesamento devido a desvios das intervenções pretendidas, viés devido à falta de dados de resultado, viés na medição do resultado e viés na seleção do resultado relatado. As questões de sinalização foram respondidas com "sim", "provavelmente sim", "provavelmente não", "não" e "sem informação". A partir das respostas obtidas com as perguntas de sinalização, foram realizados julgamentos dos riscos de viés e os domínios receberam uma das atribuições: baixo risco de viés, algumas preocupações ou alto risco de viés. Os estudos que apresentaram um baixo risco de viés em todos os seus domínios, receberam a classificação final de "baixo risco geral de viés". Os que apresentaram algumas preocupações em pelo menos um domínio, mas não apresentaram alto risco de viés em nenhum dos domínios, foram classificados como "algumas preocupações". Os que apresentaram um alto risco de viés em pelo menos um dos domínios ou algumas preocupações em vários, sua classificação final atribuída foi "alto risco de viés". As divergências foram solucionadas por um terceiro revisor (L.S.G).

4 RESULTADOS

A pesquisa inicial realizada nos bancos de dados resultou em um total de nove referências. Somado a esse número, 1306 registros foram identificados em outras fontes (literatura cinzenta). Foi obtido um total de 1315 estudos. Após a remoção das duplicatas, obtivemos 1252 resultados. A triagem realizada por meio da seleção de título, resumo e palavras-chave, resultou na exclusão de 1245 artigos. Os sete (n=7) artigos restantes foram lidos na íntegra. Após a leitura na íntegra, três (n=3) estudos foram excluídos por apresentarem delineamento observacional, um (n=1) ensaio clínico foi excluído por não apresentar comparações entre os grupos que resultassem no tema de interesse e três (n=3) estudos foram incluídos na revisão sistemática pois preencheram todos os critérios de inclusão (Figura 1). O cálculo do Coeficiente de Kappa foi realizado para avaliar a concordância entre os avaliadores e resultou em um índice de concordância de 94,4% e considerando o *Fixed Marginal Kappa* de 0.88, com um IC de 95%, obtivemos como resultado, uma concordância quase perfeita.

Figura 1. Diagrama de fluxo mostrando a triagem e seleção dos estudos



Os três estudos (n=3) incluídos são ensaios clínicos randomizados. Todos avaliaram a função diafragmática a partir da fração de espessamento ou do deslocamento com o uso do ultrassom, e apenas um dos artigos (n=1) incluiu concomitantemente a avaliação da função pulmonar. Todos os estudos são recentes, publicados há menos de cinco anos, sendo um (n=1) de 2018 e dois (n=2) de 2020. As avaliações ocorreram em unidades de terapia intensiva, com pacientes adultos em ventilação mecânica por pelo menos 48 horas. Dentre os diagnósticos principais que ocasionaram necessidade de ventilação mecânica invasiva encontraram-se trauma, sepse, cirurgias de grande porte, cirurgias neurológicas e pneumonia. Dois estudos (n=2) avaliaram uma amostra com mais de 100 participantes, e apenas um (n=1) apresentou seus resultados a partir de uma amostra com 32 participantes. As médias de idade variaram entre 35,7 e 56,5 anos. A grande maioria dos participantes eram do sexo masculino (53%, 65,3% e 67%). Dois estudos (n=2) foram realizados no Egito (66,6%) um (n=1) nos Estados Unidos (33,3%). As características dos estudos incluídos estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características dos estudos incluídos

Estudo, ano	Número de participantes	Local de coleta (País)	Faixa etária	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão	Comparação dos grupos
Mowafy; Abdelgalel; 2018	106	Egito	**GC:** 35.8±9.4 **GI:** 35.7±9.5	VM > 48 horas, >18 anos, prontos para o desmame, em sua 1ª tentativa de TRE, estáveis clinicamente	Doença neuromuscular, paralisia diafragmática, lesão cervical ou trauma torácico atual, uso de bloqueadores neuromusculares 48 horas antes do estudo ou o uso de aminoglicosídeos na UTI	**GC**: radiografia de tórax, PO2, SPO2, parâmetros do ventilador, IRRS. **GI:** parâmetros tradicionais + LUS para avaliação de espessura do diafragma, fração espessamento diafragmático, aeração pulmonar e água extravascular do pulmão.
Alansary; Karim, 2020	130	Egito	**GC:** 42.5±7.9 **GI:** 41.3±7.4	VM após cirurgia intracraniana; ambos os sexos, parâmetros mínimos VM, prontos para desmame.	Trauma cervical, doença neuromuscular, pneumotórax, derrame pleural, pacientes sem nível de consciência, suporte inotrópico alto, febre >38 graus e pacientes traqueostomizados	**GC:** protocolos da prática local A equipe cega para resultados da ultrassonografia diafragmática. **GI:** tomada de decisão a partir dos resultados do índice de respiração rápida e superficial adaptado (com avaliação diafragmática)
Mccool; Oyieng'o; Koo,2020	32	Estados Unidos (*Rhode Island*)	**GC:** 56.5±17.3 **GI:** 55.3±12.8	UTI, >18 anos, VM > 48 horas, parâmetros ventilatórios mínimos, prontos para desmame	Gravidez, encarceramento atual, paralisia diafragmática do lado direito, lesão neurológica grave, extubação terminal planejada, intubação prolongada por mais de 2 semanas	**GC:** medidas usuais **GI:** medidas usuais e resultados do ultrassom de diafragma

*Legenda: GC: grupo controle; GI: grupo intervenção; UTI: Unidade de Terapia Intensiva; VM: ventilação mecânica, TRE: teste de respiração espontânea; IRSS: índice de respiração rápida e superficial; LUS: *Lung Ultrasound Score*

Os estudos não apresentaram diferenças significativas nas características dos participantes entre os grupos controle e intervenção. No entanto, as avaliações ocorreram com diferentes finalidades. Um dos artigos (MOWAFY; ABDELGALEL, 2018) avaliou o deslocamento diafragmático e os outros dois a fração de seu espessamento (MCCOOL et al., 2020; ALANSARY; KARIM, 2020. Além disso, a condição pulmonar foi avaliada apenas no estudo de Alansary; Karim (2020). Nas medições, o ultrassom com sonda linear foi o mais utilizado (n=2, ou 66,6%), sendo relatada utilização de um transdutor convexo apenas na análise pulmonar (n=1). A utilização de frequências de 7-10 MHZ foram relatadas em dois estudos (n=2) na análise diafragmática. Um estudo (n=1) apresentou a utilização de frequência de 2–5 MHz para essa mesma avaliação, sendo que um dado similar foi encontrado apenas no

estudo de Alansary; Karim (2020) que incluía a avaliação pulmonar (3,5 MHz). O posicionamento mais relatado para a avaliação com o

ultrassom, na maior parte dos estudos, foi em decúbito dorsal, com elevação de cabeceira de 30 à 45 graus e a visualização do diafragma foi melhor obtida com a sonda posicionada entre o 8º e 10º espaços intercostais (66,6%).

Mowafy; Abdelgalel (2018) avaliaram o índice diafragmático de respiração rápida e superficial (FR/deslocamento diafragmático) e compararam aos resultados obtidos com o índice de respiração rápida e superficial convencional (FR/Vt). O índice que inclui a avaliação diafragmática se mostrou mais preciso na predição de sucesso da extubação, principalmente aos 30 minutos do paciente em pressão de suporte (96,2%) quando comparado ao índice tradicional (79,2%). Já o artigo de McCool et al. (2020) apresentou a acurácia da fração de espessamento diafragmático (FED) acima de 30% em 24 e 48 horas e mostraram resultados satisfatórios para prever sucesso na extubação. Alansary et al. (2020) avaliaram, além da utilidade da fração de espessamento diafragmático para prever sucesso na extubação (FED >26%), a função pulmonar e a presença de possíveis alterações, como edema pulmonar, pela presença de linhas verticais hiperecogênicas (linhas B). Dois estudos (n=2) apresentaram em seus resultados a curva ROC para verificar a acurácia do ultrassom para prever sucesso da extubação, como apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultados das curvas ROC da acurácia do ultrassom para prever sucesso na extubação

Estudo	Sensibilidade		Especificidade		VPP		VPN	
Mowafy; Abdelgalel 2018	***IDRRS 1 min (%)***	***IDRRS 30 min (%)***	***IDRRS 1 min (%)***	***IDRRS 30 min (%)***	***IDRRS 1 min (%)***	***IDRRS 30 min (%)***	***IDRRS 1 min (%)***	***IDRRS 30 min (%)***
	82,2	97,3	93,9	93,9	96,7	97,2	70,4	93,9
McCool et al., 2020	**FED ≥30% 24 horas**	**FED ≥30% 48 horas**	**FED ≥30% 24 horas**	**FED ≥30% 48 horas**	**FED ≥30% 24 horas**	**FED ≥30% 48 horas**	**FED ≥30% 24 horas**	**FED ≥30% 48 horas**
	90,9	80,8	86,7	90,9	90,9	95,5	86,7	66,7

*Legenda: VPP: valor preditivo positivo; VPN: valor preditivo negativo; IDRRS: índice diafragmático de respiração rápida e superficial; FED: fração de espessamento diafragmático; 24 horas: prever sucesso da extubação em 24 horas; 48 horas: prever sucesso da extubação em 48 horas.

Em relação ao sucesso ou falha da extubação, os pacientes submetidos a avaliação com o ultrassom, apresentaram menores índices de falha quando comparados aos grupos controle, no entanto apenas um dos estudos (ALANSARY; HAKIM, 2020) apresentou diferenças significativas entre os resultados dos dois grupos, apresentando sucesso de extubação em 84,6% no grupo intervenção e 66,2% no grupo controle. Já em relação a falha na extubação, as diferenças também foram significativas, com apenas 15,5% no grupo intervenção e 33,8% no grupo controle. Dentre os pacientes com extubação bem sucedida, 89,1% apresentavam 2 ou menos linhas B na avaliação com ultrassom pulmonar.

O risco de viés dos três ensaios clínicos incluídos foi realizado seguindo os critérios de Colaboração Cochrane para desenvolvimento de revisões sistemáticas de intervenção, com a ferramenta *"Risk of Bias 2"* (HIGGS et al., 2018) como apresentados na Tabela 3. Dois estudos apresentaram um baixo risco de viés (66,6%) e um dos estudos apresentou como resultado "algumas preocupações (33,3%).

Tabela 3. Risco de viés dos estudos incluídos

Study	***Year***	***Risk of Bias***
Mowafy; Abdelgalel	2018	***'Low risk'***
Alansary; Hakim	2020	***'Some concerns'***
McCool et al.	2020	***'Low risk'***

5 DISCUSSÃO

Assim como apresentados nos resultados dos nossos estudos incluídos, várias outras estudos mostram que baixos valores de fração de espessamento diafragmático (FED) e de seu deslocamento (DD) estão associados à falha na extubação e (DININO et al., 2014; BAESS et al., 2016; ABDELHAFEEZ et al., 2019; LIPPI et al., 2019). A possível causa dessa correlação, se deve, a redução da capacidade do diafragma de gerar

*Legenda: Low risk: baixo risco; Some concerns: algumas preocupações.

força e volume corrente, quando os valores de FED e DD estão abaixo dos pontos de corte indicados. Por ser o principal músculo inspiratório, em modos ventilatórios controlados,

o diafragma não se contrai ativamente, o que pode levar a redução da área de secção transversa de suas fibras e consequentemente diminuição da força e de seu deslocamento (DOT et al., 2017; SCHEPENS et al., 2019).

O ultrassom possibilita a análise da fração de espessamento diafragmático (FED) e seu resultado é obtido a partir da capacidade residual funcional até a capacidade pulmonar total, por meio da análise da espessura do diafragma na inspiração (Edi) e expiração (Ede). Um valor final é obtido a partir da fórmula (Edi-Ede/Ede x100) e este índice é frequentemente utilizado nos estudos para prever sucesso na extubação de pacientes críticos. McCool et al. (2020), mostraram que pacientes que obtiveram valores de fração de espessamento diafragmático menores que 30%, apresentaram índices mais elevados de falha na extubação, além de um maior tempo de ventilação mecânica até a retirada da via aérea artificial. Além disso, neste mesmo estudo, um ponto de corte de FED acima de 30% apresentou alta sensibilidade (90,0%) e especificidade (86,7%) como preditor de sucesso no desmame. Dados similares foram encontrados no estudo de Dinino et al. (2014), onde a sensibilidade e especificidade apresentaram valores de 88% e 71%, respectivamente, para o mesmo ponto de corte analisado.

Analisando pontos de corte distintos de fração de espessamento diafragmático, Alansary et al. (2020) consideraram como ponto de corte, uma FED acima de 26%, que igualmente apresentou altos valores de acurácia, sendo considerado um bom preditor para extubação bem sucedida. Dres et al. (2017) mostraram que houve correlação positiva entre o tempo de ventilação mecânica prolongado e a atrofia diafragmática, além de valores de fração de espessamento diafragmático mais baixos (19%) em pacientes que falharam na extubação. Os pontos de corte variaram consideravelmente entre os autores, como mostrado na revisão de literatura de Santana et al. (2020). Dinino et al. (2014), Jung et al., (2016) e Farghaly et al. (2018), utilizaram os valores de 30%, 20% e 34% respectivamente. Essas divergências e falta de padronização entre os pontos de corte dos estudos contribuem para a diminuição da acurácia do método, visto que alguns valores apresentam diferenças significativas em si, podendo comprometer os dados e consequentemente os resultados.

Além da fração de espessamento diafragmático, a utilização do ultrassom também foi relatada na avaliação do deslocamento do diafragma e seu resultado foi combinado ao tradicional índice de respiração rápida e superficial (IRRS), também conhecido como índice de Tobin, para obtenção de uma nova forma de avaliação denominada índice diafragmático de respiração rápida e superficial (IDRRS). Avaliando apenas o IRRS tradicional, Souza e Lugon (2015) mostraram que o índice citado é considerado um bom preditor de desmame em suas duas formas de avaliação na prática clínica, ou seja, durante o teste de respiração espontânea com auxílio do ventilômetro, ou quando associado ventilador mecânico. Ambos apresentam sensibilidade (82% e 80%, respectivamente) e especificidade (62% e 65%, respectivamente), similares. Apesar de não ocorrer concordância total entre os autores,

valores de IRRS acima de 105rpm/L são correlacionados a maiores chances de falha na extubação dos pacientes avaliados (FADAI

et al; 2012; KARTHIKA et al., 2016). Isso justifica-se pelo fato de que pacientes que não toleram a retirada do suporte ventilatório, tendem a apresentar uma frequência respiratória mais elevada, e consequentemente, volumes correntes mais baixos, ocasionados pela respiração mais superficial (BERG et al., 2012; DASTRANJI; BILAN, 2019).

No entanto, quando comparado ao índice diafragmático de respiração rápida e superficial (IDRRS), obtido com a inclusão da ultrassonografia diafragmática, Mowafy e Abdelgalel (2018) mostraram que os resultados de acurácia obtidos com a ultrassonografia diafragmática (96,2%) foram significativamente superiores ao índice convencional na predição do sucesso da extubação (79,2%). Corroborando com esses resultados, o estudo de Sparado et al. (2016) também apresentou maior acurácia do IDRSS para prever retirada do suporte ventilatório (área sobre a curva ROC- 0,89) quando comparado ao IRRS tradicional (área sobre a curva ROC- 0,72). Os resultados do estudo Abbas et al. (2018), com pacientes que apresentavam doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), também mostraram diferenças significativas entre os dois índices, com IRRS apresentando valores acurácia de 63,3% e o IDRRS de 96% na predição do desmame bem sucedido.

As diferenças significativas entre os resultados desses índices (IRRS e IDRRS) podem ser justificadas pelas causas da falha na extubação serem multifatoriais, incluindo o desequilíbrio entre os músculos respiratórios ou na carga mecânica imposta ao diafragma (KULKARNI; AGARWAL, 2008; SANTANA et al., 2020). A associação do índice com a avaliação diafragmática pode ser mais eficaz que o método tradicional isolado, visto que a identificação de desordens da movimentação diafragmática podem ser associadas a menor capacidade do músculo de gerar o volume corrente e com isso, aumentar as chances de falha dos pacientes avaliados (UMBRELLO; FORMENTI, 2016; BLANCO-ALMAZÁN et al., 2019). Embora a maior parte dos estudos apresentaram resultados positivos quanto a utilização do ultrassom na avaliação diafragmática, o estudo de Vivier et al. (2019), mostrou que avaliação da função diafragmática com o ultrassom após sucesso no teste de respiração espontânea (TRE), não se mostrou hábil para predizer sucesso ou falha na extubação de pacientes críticos. Possivelmente seus resultados são justificados pelas características de sua amostra, como pacientes com idade superior à 65 anos, que apresentavam diagnósticos prévios de condições pulmonares e cardíacas, sendo uma amostra mais suscetível a falha na extubação por fatores que não envolvem a condição diafragmática (SURASERANIVONG et al., 2018; UY et al., 2019).

Apenas um dos estudos apresentou a análise da função pulmonar em seus resultados (ALANSARY et al., 2020). Cerca de 89% dos pacientes que obtiveram sucesso na extubação, apresentavam menos que 2 linhas B (espessamento dos septos interlobulares e diminuição da aeração pulmonar) identificadas pela ultrassonografia pulmonar. Já o estudo de Soummer et al. (2012) mostrou a possibilidade de avaliação

com o ultrassom para avaliar a diminuição da aeração pulmonar e o quanto esses resultados foram capazes de prever possíveis complicações posteriormente a extubação.

Uma possível explicação para esses resultados é que o ultrassom permite a identificação de condições pulmonares que possam contribuir para a falha na extubação, como a presença de consolidações, edema, ou a diminuição de sua aeração, identificados por meio do exame de imagem (ANTONIO et al., 2014). A verificação das possíveis causas para essas alterações, como o edema pulmonar cardiogênico, permite uma atuação mais eficaz dos profissionais previamente a extubação, aumentando as chances de sucesso (CALTABELOTI et al., 2016). Apesar dos artigos apresentarem mais resultados do ultrassom diafragmático, a avaliação pulmonar apresenta acurácia similar para prever sucesso na retirada do suporte ventilatório (97,1%), como identificado no estudo de Osman; Hashim (2017). Além disso, Aguirre et al. (2018) concluíram que a avaliação diafragmática pode ser dispensável quando utilizado o *Lung Ultrasound Score* na avaliação dos pacientes, visto que este reduziu consideravelmente as falhas na extubação em sua amostra, com apenas 8% de insucesso.

Apesar dos estudos avaliarem em sua grande maioria as funções individualmente, o estudo de Silva et al. (2017) mostra que a avaliação isolada com o ultrassom é menos eficaz para prever as chances de falha após extubação de pacientes críticos quando comparado a avaliação torácica integrativa, ou seja, ecocardiografia transtorácica, ultrassonografia diafragmática e pulmonar, visto que a avaliação permite analisar os principais processos fisiológicos associados a falha da extubação, dentre eles, a pressão diastólica esquerda, disfunção diafragmática e aeração pulmonar (BOUHEMAD et al., 2020). Isso foi confirmado por Soliman et al., (2019) que afirma que a combinação das três formas de avaliação é mais eficaz para predizer sucesso na extubação devido a análise mais completa das funções fisiológicas.

Como identificado em todos os estudos incluídos, o ultrassom no modo bidimensional (modo B) foi o mais utilizado na análise em tempo real das estruturas avaliadas, assim como nos estudos de Yoo et al (2018); Ijland et al. (2020); Ferrari et al. (2014). O modo M é mais utilizado na avaliação da excursão diafragmática, pois permite a visualização da estrutura em movimento (MATAMIS et al., 2013; XUE et al., 2019). Dois estudos avaliaram apenas o hemidiafragma direito, possivelmente pelo fato da avaliação da hemicúpula esquerda apresentar certas dificuldades, como uma menor janela acústica gerada pelo baço, pelos gases do estômago, pela obesidade ou por falta de experiência do avaliador (RORIZ, 2015; VETRUGNO; ORSO; BOVE, 2020). Apesar de um dos estudos (MOWAFY; ABDELGALEL, 2018) utilizar uma frequência mais baixa e sonda convexa para análise diafragmática, na literatura, essa forma de avaliação é mais encontrada para análise pulmonar, como mostrada no estudo de Alansary, et al. (2020). Isso justifica-se pelo fato das frequências mais baixas permitirem a avaliação de estruturas mais profundas, devido a maior penetração, no entanto, perdendo na qualidade da imagem (NETO et al., 2016). Já o mais indicado na literatura para a visualização diafragmática, são as avaliações utilizando sonda linear (TESTA et al., 2011; ZUO; ROBERTS; EVANS, 2014; ALANSARY; HAKIM, 2020; MCCOOL; OYIENG'O; KOO, 2020). possivelmente por apresentarem frequências

mais altas (7-10 MHZ) e permitirem uma melhor resolução da imagem de estruturas mais superficiais, possibilitando, com maior

facilidade, a identificação do músculo (SANTANA et al., 2020).

6 CONCLUSÃO

O ultrassom se mostrou um método diagnóstico útil na predição de sucesso de extubação de pacientes em estado crítico. Sua implementação pode ser benéfica na prática clínica concomitantemente aos métodos tradicionais de desmame e pode tornar a avaliação previamente a extubação mais segura, auxiliando na tomada de decisão dos profissionais quanto ao momento ideal da retirada da via aérea artificial. No entanto, ainda são necessários novos ensaios clínicos sobre o tema, na tentativa de gerar dados mais robustos para corroborar com os resultados encontrados.

REFERÊNCIAS

ABDELHAFEEZ, R. M. et al. Diaphragm and weaning from mechanical ventilation: anticipation and outcome. **Egyptian Journal of Bronchology**, v. 13, n. 4, p. 489–497, 1 dez. 2019.

ALANSARY, A. M.; HAKIM, K. Y. Role of lung ultrasound in weaning from mechanical ventilation in postoperative neurosurgical ICU patients. **Sri Lankan Journal of Anaesthesiology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 6 fev. 2020.

ANTONIO, A. C. P. et al. Lung ultrasound findings predict weaning failure from mechanical ventilation. 2014.

ARRUDA, P. L. DE et al. Evolução clínica e sobrevida de pacientes neurocríticos. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 53, 2019.

ASEHNOUNE, K. et al. Extubation Success Prediction in a Multicentric Cohort of Patients with Severe Brain Injury. **Anesthesiology**, v. 127, n. 2, p. 338–346, 1 ago. 2017.

BAESS, A. I. et al. Diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation: thickness, displacement, or both? **Egyptian Journal of Bronchology**, v. 10, n. 2, p. 162–166, ago. 2016.

BANERJEE, A.; MEHROTRA, G. Comparison of Lung Ultrasound-based Weaning Indices with Rapid Shallow Breathing Index: Are They Helpful? **Indian Journal of Critical Care Medicine: Peer-Reviewed, Official Publication of Indian Society of Critical Care Medicine**, v. 22, n. 6, p. 435–440, jun. 2018.

BAZELAK, S. et al. Reduction of Mechanical Ventilation Time in CABG Surgery Patients: A Continued Cardiovascular Intensive Care Unit Quality Improvement Process. **Respiratory Care**, v. 64, n. Suppl 10, 1 out. 2019.

BERG, K. M. et al. The Rapid Shallow Breathing Index as a Predictor of Failure of Noninvasive Ventilation for Patients With Acute Respiratory Failure. **Respiratory Care**, v. 57, n. 10, p. 1548–1554, 1 out. 2012.

BLACKWOOD, B. et al. Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients: Cochrane systematic review and meta-analysis. **BMJ (Clinical research ed.)**, v. 342, p. c7237, 13 jan. 2011.

BLANCO-ALMAZÁN, D. et al. Chest Movement and Respiratory Volume both Contribute to Thoracic Bioimpedance during Loaded Breathing. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 20232, 27 dez. 2019.

BOBBS, M. et al. Decreasing failed extubations with the implementation of an extubation checklist. **The American Journal of Surgery**, v. 217, n. 6, p. 1072–1075, 1 jun. 2019.

BOUHEMAD, B. et al. Use of combined cardiac and lung ultrasound to predict weaning failure in elderly, high-risk cardiac patients: a pilot study. **Intensive Care Medicine**, v. 46, n. 3, p. 475–484, mar. 2020.

CARVALHO, C. R. R. DE; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S. A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, p. 54–70, jul. 2007.

CAVALLONE, L. F.; VANNUCCI, A. Extubation of the difficult airway and extubation failure. **Anesthesia & Analgesia**, v. 116, n. 2, p. 368–383, 2013.

CRUZ, F. F. et al. Ventilator-induced lung injury during controlled ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome: less is probably better. **Expert Review of Respiratory Medicine**, v. 12, n. 5, p. 403–414, maio 2018.

DASTRANJI, A.; BILAN, N. The Role of Rapid Shallow Breathing Index in Predicting Successful Weaning of Pediatric Patients with Respiratory Failure. **International Journal of Pediatrics**, v. 7, n. 2, p. 9003–9012, 1 fev. 2019.

DEAB, S. A. E. A. E. S.; BELLANI, G. Extubation failure after successful spontaneous breathing trial: prediction is still a challenge! **Respiratory Care**, v. 59, n. 2, p. 301–302, fev. 2014.

DININO, E. et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. **Thorax**, v. 69, n. 5, p. 423–427, maio 2014.

DOT, I. et al. Diaphragm Dysfunction in Mechanically Ventilated Patients. **Archivos De Bronconeumologia**, v. 53, n. 3, p. 150–156, mar. 2017.

FABIOLA PRIOR CALTABELOTI et al. Lung ultrasound: a useful tool in the weaning process? **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 28, n. 1, p. 5–7, 2016.

FADAII, A. et al. Assessment of Rapid Shallow Breathing Index as a Predictor for Weaning in Respiratory Care Unit. **Tanaffos**, v. 11, p. 28–31, 2 abr. 2012.

FARGHALY, S.; HASAN, A. A.; MAKHLOUF, H. A. Assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease using transthoracic ultrasonography. **Egyptian Journal of Bronchology**, v. 12, n. 2, p. 218–225, 2018.

FRANCISCO NETO, M. J. et al. Advances in lung ultrasound. **Einstein (São Paulo)**, v. 14, n. 3, p. 443–448, set. 2016.

GOLDWASSER, R. et al. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 19, n. 3, p. 384–392, set. 2007.

GRENVIK, A.; PINSKY, M. R. Evolution of the intensive care unit as a clinical center and critical care medicine as a discipline. **Critical Care Clinics**, v. 25, n. 1, p. 239–250, x, jan. 2009.

HALL, D. A. et al. Systematic review of outcome domains and instruments used in clinical trials of tinnitus treatments in adults. **Trials**, v. 17, n. 1, p. 270, 1 jun. 2016.

HARIBHAI, S.; MAHBOOBI, S. K. Ventilator Complications. In: **StatPearls**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2020.

HIGGS, A. et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. **British journal of anaesthesia**, v. 120, n. 2, p. 323–352, 2018.

HODKINSON, A. et al. The use of clinical study reports to enhance the quality of systematic reviews: a survey of systematic review authors. **Systematic Reviews**, v. 7, n. 1, p. 117, 8 ago. 2018.

HOTES, L. S.; KALMAN, E. The evolution of care for the chronically critically ill patient. **Clinics in Chest Medicine**, v. 22, n. 1, p. 1–11, mar. 2001.

HOWIE, W. O.; DUTTON, R. P. Implementation of an evidence-based extubation checklist to reduce extubation failure in patients with trauma: a pilot study. **AANA journal**, v. 80, n. 3, p. 179–184, jun. 2012.

KARTHIKA, M. et al. Rapid shallow breathing index. **Annals of Thoracic Medicine**, v. 11, n. 3, p. 167–176, 2016.

KULKARNI, A. P.; AGARWAL, V. Extubation failure in intensive care unit: predictors and management. **Indian Journal of Critical Care Medicine: Peer-Reviewed, Official Publication of Indian Society of Critical Care Medicine**, v. 12, n. 1, p. 1–9, jan. 2008.

LAGES, N. et al. Ultrasound guided airway access. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 68, n. 6, p. 624–632, nov. 2018.

LICHTENSTEIN, D. A. Lung ultrasound in the critically ill. **Annals of Intensive Care**, v. 4, p. 1, 9 jan. 2014.

LIPPI, I. DOS S. et al. Ultrassonografia diafragmática como ferramenta de avaliação no desmame da ventilação mecânica. **Fisioterapia Brasil**, v. 20, n. 4, p. 570–577, 3 set. 2019.

MACINTYRE, N. Discontinuing mechanical ventilatory support. **Chest**, v. 132, n. 3, p. 1049–1056, set. 2007.

MATAMIS, D. et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. **Intensive Care Medicine**, v. 39, n. 5, p. 801–810, maio 2013.

MCCOOL, F. D.; OYIENG'O, D. O.; KOO, P. The Utility of Diaphragm Ultrasound in Reducing Time to Extubation. **Lung**, v. 198, n. 3, p. 499–505, 1 jun. 2020.

MOKHLESI, B. et al. Predicting extubation failure after successful completion of a spontaneous breathing trial. **Respiratory care**, v. 52, p. 1710–7, 1 dez. 2007.

MOWAFY, S.; ABDELGALEL, E. Diaphragmatic rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome from mechanical ventilation: Comparison with traditional rapid shallow breathing index. **Egyptian Journal of Anaesthesia**, v. 35, 1 dez. 2018.

NASCIMENTO, M. S. et al. Spontaneous breathing test in the prediction of extubation failure in the pediatric population. **Einstein (Sao Paulo, Brazil)**, v. 15, n. 2, p. 162–166, jun. 2017.

NEMER, S. N.; BARBAS, C. S. V. Parâmetros preditivos para o desmame da ventilação mecânica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 37, n. 5, p. 669–679, out. 2011.

OGLAT, A. A. et al. A Review of Medical Doppler Ultrasonography of Blood Flow in General and Especially in Common Carotid Artery. **Journal of Medical Ultrasound**, v. 26, n. 1, p. 3–13, mar. 2018.

OÑATE MIRANDA, M.; FREIRE, V.; BUREAU, N. J. VIDEO: Dynamic Ultrasound Evaluation for Soft-Tissue Injuries of the Extremities: Hand, Wrist, and Ankle. **AJR Am J Roentgenol**, p. 871–871, 2020.

OSMAN, A.; HASHIM, R. Diaphragmatic and lung ultrasound application as new predictive indices for the weaning process in ICU patients. **The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine**, v. 48, 19 jan. 2017.

PALKAR, A. et al. Diaphragm Excursion-Time Index: A New Parameter Using Ultrasonography to Predict Extubation Outcome. **Chest**, v. 153, n. 5, p. 1213–1220, maio 2018.

PEIXOTO, G. C. X. et al. BASES FÍSICAS DA FORMAÇÃO DA IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 15–24, 17 abr. 2010.

QUINTARD, H. et al. Experts' guidelines of intubation and extubation of the ICU patient of French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR) and French-speaking Intensive Care Society (SRLF). **Annals of Intensive Care**, v. 9, n. 1, p. 13, 22 jan. 2019.

RAMAKRISHNAN, P.; SIDDIQUI, S. Extubation success can be better predicted by diaphragmatic excursion using ultrasound compared to rapid shallow breathing index. **Indian Journal of Anaesthesia**, v. 62, n. 10, p. 814, 10 jan. 2018.

RORIZ, D. Ultrasound in the evaluation of diaphragm. p. 1570 words, 2015.

SAEED, F.; LASRADO, S. Extubation. In: **StatPearls**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2020.

SANTANA, P. et al. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 46, n. 6, p. e20200064–e20200064, 2020.

SCHEPENS, T. et al. Diaphragm-protective mechanical ventilation. **Current Opinion in Critical Care**, v. 25, n. 1, p. 77–85, fev. 2019.

SCHETTINO, G. Adding value to mechanical ventilation. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 40, n. 5, p. 455–457, 2014.

SCODELLARO, T. et al. Extubation Failure Is Associated With Increased Mortality Following First Stage Single Ventricle Reconstruction Operation. **Pediatric Critical Care Medicine: A Journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies**, v. 18, n. 12, p. 1136–1144, dez. 2017.

STEIDL, C. et al. Tracheostomy, Extubation, Reintubation: Airway Management Decisions in Intubated Stroke Patients. **Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland)**, v. 44, n. 1–2, p. 1–9, 2017.

SURASERANIVONG, R. et al. Association between age-related factors and extubation failure in elderly patients. **PLoS ONE**, v. 13, n. 11, 20 nov. 2018.

TANWAR, G. et al. Evaluation of airway care score as a criterion for extubation in patients admitted in neurosurgery intensive care unit. **Journal of Anaesthesiology, Clinical Pharmacology**, v. 35, n. 1, p. 85–91, 2019.

TEIXEIRA, C. et al. Impacto de um protocolo de desmame de ventilação mecânica na taxa de falha de extubação em pacientes de difícil desmame. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 3, p. 364–371, jun. 2012.

TESTA, A. et al. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 37, n. 1, p. 44–52, jan. 2011.

THILLE, A. W.; RICHARD, J.-C. M.; BROCHARD, L. The decision to extubate in the intensive care unit. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 187, n. 12, p. 1294–1302, 15 jun. 2013.

TU, C.-S. et al. A Decision for Predicting Successful Extubation of Patients in Intensive Care Unit. **BioMed Research International**, v. 2018, p. 1–11, 4 jan. 2018.

UMBRELLO, M.; FORMENTI, P. Ultrasonographic assessment of diaphragm function in critically ill subjects. **Respiratory care**, v. 61, n. 4, p. 542–555, 2016.

UY, A. B. C. et al. Incidence, risk factors, and outcomes of unplanned extubation in adult patients in a resource-limited teaching hospital in the Philippines: a cohort study. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 31, n. 1, p. 79–85, mar. 2019.

VETRUGNO, L.; ORSO, D.; BOVE, T. Ultrasound of the diaphragm—an essential tool for pulmonologists and intensivists. **Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisilogia**, v. 46, 12 ago. 2020.

VILLALBA, D. et al. Prevalence of and Risk Factors for Mechanical Ventilation Reinstitution in Patients Weaned From Prolonged Mechanical Ventilation. **Respiratory Care**, v. 65, n. 2, p. 210–216, fev. 2020.

WINKLER, M. H. et al. Diagnostic Accuracy of Chest Radiograph, and When Concomitantly Studied Lung Ultrasound, in Critically Ill Patients With Respiratory Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Critical Care Medicine**, v. 46, n. 7, p. e707–e714, jul. 2018.

XUE, Y. et al. The predictive value of diaphragm ultrasound for weaning outcomes in critically ill children. **BMC Pulmonary Medicine**, v. 19, n. 1, p. 270, 30 dez. 2019.

ZUO, L.; ROBERTS, W. J.; EVANS, K. D. Diagnostic ultrasound imaging of mouse diaphragm function. **Journal of Visualized Experiments: JoVE**, n. 86, 21 abr. 2014.

APÊNDICE A. Estratégia de busca na Pubmed

History and Search Details Download

Search	Actions	Details	Query	Results
#8	···	>	Search: #1 AND #2 AND #3 AND (#4 OR #5 OR #6) AND #7	5
#7	···	>	Search: randomized controlled trial[Publication Type] OR (randomized[Title/Abstract] AND controlled[Title/Abstract] AND trial[Title/Abstract])	578,306
#6	···	>	Search: ,(Diaphragm) OR (Diaphragms) OR (Respiratory Diaphragm) OR (Diaphragm, Respiratory) OR (Diaphragms, Respiratory) OR (Respiratory Diaphragms)	53,999
#5	···	>	Search: (cavity, thoracic) OR (Thoracic cavity) OR (Cavitas thoracis)	18,054
#4	···	>	Search: (Lung) OR (Lungs)	976,352
#3	···	>	Search: (Weaning, Ventilator) OR (Respirator Weaning) OR (Weaning, Respirator) OR (Mechanical Ventilator Weaning) OR (Ventilator Weaning, Mechanical) OR (Weaning, Mechanical Ventilator)	5,200
#2	···	>	Search: (Airway Extubations) OR (Extubation, Airway) OR (Extubations, Airway) OR (Tracheal Extubation) OR (Extubation, Tracheal) OR (Extubations, Tracheal) OR (Tracheal Extubations) OR (Extubation, Intratracheal) OR (Extubations, Intratracheal) OR (Intratracheal Extubation) OR (Intratracheal Extubations) OR (Endotracheal Extubation) OR (Endotracheal Extubations) OR (Extubation, Endotracheal) OR (Extubations, Endotracheal)	6,224
#1	···	>	Search: (Ultrasound) OR (Diagnostic Ultrasound) OR (Diagnostic Ultrasounds) OR (Ultrasound, Diagnostic) OR (Ultrasounds, Diagnostic) OR (Ultrasound Imaging) OR (Imaging, Ultrasound) OR (Imagings, Ultrasound) OR (Echotomography) OR (Ultrasonic Imaging) OR (Imaging, Ultrasonic) OR (Sonography, Medical) OR (Medical Sonography) OR (Ultrasonographic Imaging) OR (Imaging, Ultrasonographic) OR (Imagings, Ultrasonographic) OR (Ultrasonographic Imagings) OR (Echography) OR (Diagnosis, Ultrasonic) OR (Diagnoses, Ultrasonic) OR (Ultrasonic Diagnoses) OR (Ultrasonic Diagnosis) OR (Echotomography, Computer) OR (Computer Echotomography) OR (Tomography, Ultrasonic) OR (Ultrasonic Tomography)	1,677,853