

DOI: <https://doi.org/10.58871/conaeti.v3.20>

**DISFUNÇÃO DIAFRAGMÁTICA INDUZIDA PELA VENTILAÇÃO: UMA
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**VENTILATION-INDUCED DIAPHRAGMATIC DYSFUNCTION: A LITERATURE
REVIEW**

VITOR GABRIEL CAVALCANTE DA SILVA

Graduando em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

GENALLY DANIEL DA SILVA

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

DÉBORA DE LIMA ARAÚJO RAMOS DE OLIVEIRA

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

HELOISA MARIA DA CRUZ ROCHA

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

RAYANA SILVA CORDEIRO

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

LARYSSA DOS SANTOS LACERDA

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

ANA BEATRIZ GONÇALVES PATRIOTA

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

JÚLIA ANTÔNIA DOS SANTOS RODRIGUES

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

SARAH ESTÉPHANY BRITO DA CRUZ

Graduanda em Fisioterapia pela Universidade Estadual da Paraíba.

IARA TAINÁ CORDEIRO DE SOUZA

Mestre em Fisioterapia e professora orientadora pela Universidade Estadual da Paraíba.

RESUMO

Introdução: O suporte ventilatório mecânico é um recurso de extrema importância no tratamento de pacientes com insuficiência respiratória. Porém a ventilação artificial afeta o músculo mais importante para o processo de inspiração, o diafragma, isso deve-se ao fato deste músculo entrar em desuso, acarretando prejuízos aos pacientes como a disfunção diafragmática induzida pela ventilação (DDIV). **Objetivo:** Investigar a fundo os mecanismos e fatores associados à disfunção diafragmática induzida pela ventilação no que tange à extubação da ventilação mecânica. **Metodologia:** Realizou-se uma revisão integrativa da literatura, com busca de descritores no DeCS/MeSH. Selecionados os descritores, a coleta de artigos foi

REALIZAÇÃO:



APOIO:



realizada nas bases de dados que incluíram PubMed, Scielo, PEDro e BVS. Os critérios de inclusão adotados para os artigos nesta revisão foram estudos com data de publicação dentro dos últimos 10 anos e disponíveis na íntegra nos idiomas português e inglês. Artigos duplicados, não disponíveis na íntegra, com amostras de animais e revisões sistemáticas foram excluídos da análise. **Resultados:** A disfunção diafragmática está diretamente ligada ao tempo que o paciente está exposto à ventilação mecânica. Para avaliar o diafragma pode-se utilizar a ultrassonografia diafragmática, recurso que avalia a função e atividade deste músculo. **Conclusão:** As ações do profissional responsável pelo paciente em ambiente de unidade de terapia intensiva devem ser direcionadas com o objetivo de reduzir o tempo de internação do indivíduo evitando o desuso e atrofia da musculatura respiratória.

Palavras-chave: Ventilação; Diafragma; Disfunção.

ABSTRACT

Introduction: Mechanical ventilatory support is an extremely important resource in the treatment of patients with respiratory failure. However, artificial ventilation affects the most important muscle for the inspiration process, the diaphragm, this is due to the fact that this muscle becomes disused, causing harm to patients such as ventilation-induced diaphragmatic dysfunction (IVDD). **Objective:** To thoroughly investigate the mechanisms and factors associated with ventilation-induced diaphragmatic dysfunction in relation to extubation from mechanical ventilation. **Methodology:** An integrative literature review was carried out, searching for descriptors in DeCS/MeSH. Once the descriptors were selected, articles were collected in databases that included PubMed, Scielo, PEDro and VHL. The inclusion criteria adopted for the articles in this review were studies with a publication date within the last 10 years and available in full in Portuguese and English. Duplicate articles, not available in full, with animal samples and systematic reviews were excluded from the analysis. **Results:** Diaphragmatic dysfunction is directly linked to the time the patient is exposed to mechanical ventilation. To evaluate the diaphragm, diaphragmatic ultrasound can be used, a resource that evaluates the function and activity of this muscle. **Conclusion:** The actions of the professional responsible for the patient in an intensive care unit environment must be aimed at reducing the individual's hospitalization time, avoiding disuse and atrophy of the respiratory muscles.

Keywords: Ventilation; Diaphragm; Dysfunction.

1 INTRODUÇÃO

O suporte ventilatório mecânico (VM) mostra-se na literatura como recurso imprescindível no tratamento de pacientes com insuficiência respiratória, melhorando o prognóstico. Entretanto, como toda conduta que gera suporte artificial, a ventilação mecânica apresenta prós e contras, podendo acarretar prejuízos, um exemplo disso é a disfunção diafragmática induzida pela ventilação (DDIV), que está também associada ao aumento da permanência do paciente sob ventilação acarretando falha na extubação. Para reduzir os possíveis malefícios da técnica é necessário a monitorização da função do diafragma na unidade de terapia intensiva (Irene *et al.*, 2017).

O principal músculo respiratório, ao se tratar da inspiração, é o diafragma, logo, sua disfunção acarreta maior gravidade da patologia de base do paciente, com resultados negativos (Schepens *et al.*, 2020). O diafragma, em sua estrutura anatômica, apresenta-se como um músculo fino, com origem na face interna das seis últimas costelas, nos corpos vertebrais das vértebras lombares e face interna do processo xifoide, sua inserção está no tendão central. O movimento na inspiração ocorre através do encurtamento das fibras musculares com diminuição da pressão intrapleural com efeito de puxar os pulmões para baixo aumentando a pressão abdominal (Schepens *et al.*, 2020).

Em tese, a perda da força muscular, mesmo que parcial, para gerar pressão é compreendido como fraqueza diafragmática (Roberts, 2009; McCool, 2012). Em algumas modalidades de VM o esforço realizado no ato da inspiração não provém do paciente, não havendo nenhum tipo de contração ativa, produzindo atrofia por desuso ocasionando a fraqueza muscular citada anteriormente (Powers *et al.*, 2002). Sendo assim, podemos concluir que quanto maior o tempo de internação submetido a ventilação mecânica, maior será a fraqueza muscular do diafragma e maior serão os prejuízos para o paciente, logo, os profissionais precisam avaliar as indicações necessárias para VM bem como um tempo de desmame adequado.

Alterações na rotatividade de proteínas ocasionando a baixa atividade de síntese proteica, o aumento do estresse oxidativo, além da disfunção contrátil são as principais causas da disfunção descrita (Powers *et al.*, 2002). O objetivo deste estudo é investigar os mecanismos e fatores associados à disfunção diafragmática induzida pela ventilação no que tange à extubação da ventilação mecânica.

2 METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura, na qual a estratégia de pesquisa teve início com a busca por descritores no DeCS/MeSH que estivessem alinhados com o objetivo proposto, e também com a seleção de termos livres quando os descritores não foram encontrados na base mencionada. Os descritores foram então organizados de maneira a atender aos critérios da estratégia PICO, que é referenciada na prática baseada em evidências (PBE).

Tabela 1. Estratégia PICO e descritores elencados com base nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH)

P (população)	I (intervenção)	C (comparação)	O (desfechos)
---------------	-----------------	----------------	---------------

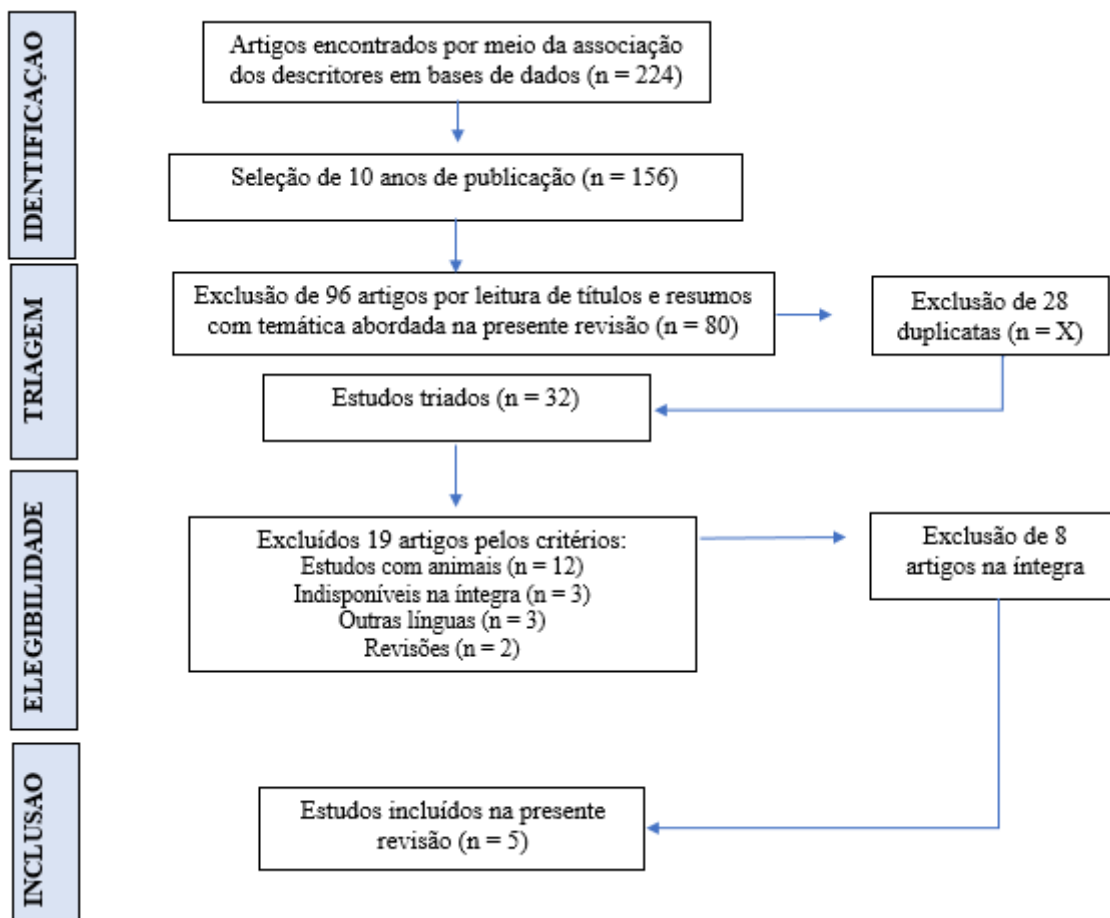
<i>Induced Diaphragm Dysfunction</i> (Termo livre)	<i>Mechanical Ventilation</i> (DeCS)	x	<i>Ventilator Weaning</i> (DeCS)
P (população)	I (intervenção)	C (comparação)	O (desfechos)

Depois de definir os descritores da pesquisa, eles foram empregados para recuperar artigos nas bases de dados selecionadas para esta revisão, que abrangem PubMed, Scielo, PEDro e BVS e combinados pelo operador booleano AND. Os critérios de inclusão adotados para os artigos nesta revisão foram estudos com data de publicação dentro dos últimos 10 anos e disponíveis na íntegra nos idiomas português e inglês. Artigos duplicados, não disponíveis na íntegra, com amostras de animais e revisões sistemáticas foram excluídos da análise.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da busca estão contidos no fluxograma 1. Além disso, uma síntese dos principais achados dos artigos elencados para a revisão está contida na Tabela 2.

Fluxograma 1. Critérios de busca



Fonte: autoria própria

Tabela 2. Fluxograma dos estudos selecionados

ESTUDO, ANO	IDADE	CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO	DESENHO DE ESTUDO	AMOSTRA TOTAL	TIPO DE INTERVENÇÃO		DURAÇÃO	DESFECHOS	RESULTADOS
					INTERVENÇÃO	CONTROLE			
DONG <i>et al</i> , 2021.	64,44±14,7 2 anos	Pacientes em VM prolongada, que tenham hemodinâmica estável, dose de dopamina <10 µg/kg/min e dose de epinefrina <0,4 µg/kg/min, função cognitiva normal e sem história de doença mental crônica ou DPOC.	Estudo prospectivo randomizado controlado	80 pessoas	Os pacientes foram submetidos a 6 níveis de reabilitação precoce na UTI.	Tratados com cuidado padrão.	9 meses	Considerou-se como desfecho primário o menor tempo de uso do ventilador mecânico do grupo intervenção, quando em comparação com o grupo controle. Além do mais, também foram considerados alguns desfechos clínicos, como: tempo de internação, recuperação e duração da intubação.	O início precoce da reabilitação demonstrou ser seguro e eficaz na redução da disfunção diafragmática. Além disso, a ultrassonografia é uma ferramenta prática e benéfica para avaliar a função do diafragma em pacientes em VM.
DRES <i>et al</i> , 2022	63,8± 11,1 anos	Adultos que foram submetidos à VM por > 96 horas e satisfizessem os critérios de prontidão para desmame definidos pelo protocolo, mas que falharam em pelo menos dois TRE.	Estudo multicêntrico, aberto, randomizado e controlado	127 pessoas	Foi inserido um cateter venoso central dedicado para TTDN através de um procedimento minimamente invasivo à beira do leito, com estimulação do nervo frênico até o nível máximo tolerado pelo paciente.	Tratados com cuidado padrão.	28 meses	O desfecho primário de eficácia foi a incidência cumulativa de desmame bem-sucedido até o dia 30 em ambos os grupos; Os desfechos secundários de eficácia foram os seguintes: o número de dias desde o início do estudo até a remoção da VM como resultado de um desmame bem-sucedido ou Dia 30, o que ocorrer primeiro;	Na população difícil desmame, o TTDN não aumentou a proporção de sucesso no desmame da VM. No entanto, esteve associado ao aumento da PImáx, e não representou grandes problemas de segurança. Ademais, foi apontada mudança na fração de espessamento do diafragma do lado direito para a última medida com ultrassom, no entanto esta

								reintegrações de VM até o dia 30 etc.	mudança foi significativamente maior no grupo de tratamento.
DIONÍSIO <i>et al</i> , 2019.	±3,5 anos	Crianças e adolescentes admitidas no CIPE do Hospital Pediátrico de Coimbra entre 2017 e 2018.	Caracteriza-se como um estudo observacional exploratório prospectivo.	17 pessoas.	Foram realizadas medições ecográficas de espessura, excursão e fração de espessamento diafragmáticas do hemidiafragma direito através de um ecógrafo portátil.		10 meses.	Considerou-se no desfecho primário a evolução dos índices ecográficos de morfologia e função diafragmáticas ao longo do período de VM invasiva em crianças/adolescentes admitidos em cuidados intensivos, já como desfecho secundário foram as repercussões das modalidades ventilatórias nos índices ecográficos de morfologia e função diafragmáticas dos pacientes durante a admissão em cuidados intensivos.	Em crianças/adolescentes submetidos à VCPR, foi observada uma redução média de 13% na espessura do diafragma. Durante a fase pré-extubação com pressão de suporte, houve uma leve tendência de aumento na espessura do diafragma, porém, observou-se falha na extubação quando a fração de espessamento diafragmática era igual ou inferior a 35%.
SUBHASH; KUMAR, 2021.	±2,6 anos	Crianças gravemente enfermas sob VM por mais de 24 horas, internadas na UTIP.	Caracteriza-se como um estudo observacional prospectivo	26 pessoas.	Pós-extubação foi feito US beira-leito por um radiologista para estimar o DTf dos pacientes na posição supina e sem elevação da cabeça, avaliando somente o hemidiafragma direito, três valores de		12 meses.	O desfecho primário considerado foi: Associação entre DTf e sucesso de extubação, no qual melhor valor de corte do DTf para prever o sucesso da extubação foi maior ou igual a 20%.	A VIDD pode se desenvolver rapidamente em pacientes submetidos à ventilação mecânica, e está correlacionada com desfechos adversos em pacientes gravemente enfermos. O DTf representa um método simples, não invasivo e rápido para

					espessura do diafragma inspiratório final e expiratório final foram documentados. A partir dos três valores registrados, foi calculado o DTf individual.				predizer o sucesso da extubação na UTIP.
GOLIGHER <i>et al</i> , 2018.	±59 anos	Adultos que necessitaram de ventilação mecânica invasiva.	Caracteriza-se como um estudo de coorte retrospectivo.	222 pessoas.	Os pacientes foram divididos em duas coortes, considerando diferentes critérios de inclusão (como: pacientes ventilados por menos de 36 horas ou se intubados por menos de 36 horas devido a lesão cerebral aguda, SDRA) Medidas da espessura do diafragma foram realizadas diariamente, além do esforço inspiratório também quantificado por registros horários da atividade elétrica do diafragma.	.	32 meses.	O desfecho primário foi o tempo para liberação da ventilação. Os desfechos secundários incluíram complicações (reintubação, traqueostomia, ventilação prolongada ou morte).	O desenvolvimento progressivo de atrofia do diafragma durante o início da ventilação mecânica prediz ventilação prolongada e um risco aumentado de complicações de insuficiência respiratória aguda. Resultados semelhantes, mas mais fracos, foram encontrados para Tdi aumentado. Os esforços para prevenir e tratar a atrofia do diafragma ou o aumento do Tdi podem melhorar significativamente os resultados em pacientes com insuficiência respiratória aguda.

ABREVIATURAS DA TABELA 2: VM - Ventilação Mecânica; FiO₂ - Fração inspirada de oxigênio; PAM – Pressão Arterial Média; PEEP – Pressão Positiva ao Final da Expiração; DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; UTI – Unidade de Terapia Intensiva; TRE – Teste de Respiração Espontânea; TTDN - Neuroestimulação Temporária Transvenosa do Diafragma; CIPE - Serviço de Cuidados Intensivos Pediátricos; VCPR - Volume Controlado Regulado por Pressão; UTIP – Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica; US – Ultrassom; DTf - Fração de espessamento do diafragma; VIDD – Disfunção Diafragmática Induzida pela Ventilação; SDRA – Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo; Tdi – Espessamento do Diafragma.

No presente estudo, foi observado que a disfunção diafragmática está intimamente ligada ao tempo que o paciente é submetido à ventilação mecânica (VM). Sabe-se que a VM substitui de forma artificial a respiração fisiológica, o que leva a um desuso da musculatura. O diafragma é o músculo principal da respiração e seu desuso pode levar à uma atrofia e diminuição da força contrátil. Portanto, quanto mais precoce for a reabilitação na UTI, menores as chances do desenvolvimento de DDIV.

O estudo de Dong e colaboradores (2021) observou 80 pacientes, e alocou 41 pacientes em um grupo controle (tratados com cuidados padrão) e 39 pacientes em um grupo de intervenção (tratados com reabilitação precoce). Para avaliar a função e atividade do diafragma, foi utilizada a ultrassonografia diafragmática, analisando as medidas de amplitude de movimento do diafragma durante a respiração (DE) e espessura variada do diafragma no final da expiração e no final da inspiração (DTF). Os dados foram obtidos no 1º dia e 4º dia de VM, neste intervalo foram realizadas a terapia de reabilitação divididas em níveis no grupo intervenção e cuidados padrão no grupo controle. Os níveis consistiam em: nível 0 - rotação a cada 2 horas em pacientes inconscientes com sinais vitais instáveis; nível 1-2 - além da rotação, inclui manter a amplitude de movimento articular e posicionar membros de forma adequada para pacientes conscientes que conseguem se sentar por pelo menos 20 minutos, três vezes ao dia; nível 3 - o paciente pode se sentar na beira da cama; nível 4 - o paciente pode ficar em pé ou se sentar em uma cadeira por pelo menos 20 minutos por dia; nível 5 - o paciente é capaz de se mover ativamente para fora do leito e caminhar ao redor do leito também.

A DE e a DTF diminuíram significativamente em todos os pacientes em VM por quatro dias em comparação com aqueles em VM por um dia, indicando que a VM prolongada afeta negativamente a função do diafragma. Antes da terapia de reabilitação, não houve diferença significativa entre os dois grupos nas medidas avaliadas no 1º dia de VM. Durante a avaliação do 4º dia, foi percebido que houve uma melhora significativa da DTF do grupo de intervenção em relação ao grupo controle e, por consequência, esse mesmo grupo teve um tempo de internação e intubação menor. Embora também observada uma melhora no DE, a diferença não foi estatisticamente significativa entre os dois grupos. Esse estudo corrobora com a afirmação de que a reabilitação precoce é benéfica para os pacientes induzidos à ventilação mecânica, diminuindo os riscos de DDIV.

Sabendo que o risco de DDIV aumenta após muitos dias de intubação, o estudo de Dress *et al* (2022) avaliou a eficácia da neuroestimulação do diafragma de 127 pacientes enquanto submetidos à VM prolongada, com o objetivo de obter sucesso no desmame da ventilação. A neuroestimulação foi realizada bilateralmente no nervo frênico (responsável pela inervação

motora do diafragma). Dos 127, apenas 55 pacientes foram randomizados para o grupo controle e 57 para o grupo tratamento, por ocorrências durante o estudo. A neuroestimulação não aumentou a proporção de desmame bem-sucedido, mas foi associada ao aumento da pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) no grupo tratamento. Pode-se sugerir, na ausência de dados clínicos prévios, que a neuroestimulação pode ser eficaz para minimizar a disfunção diafragmática, porém mais estudos são necessários para a comprovação da eficácia.

O estudo de Dionísio *et al* (2019) buscou avaliar a disfunção diafragmática em 17 crianças e adolescentes internadas na unidade de cuidados intensivos, avaliando espessura, excursão e fração de espessamento diafragmático, através de uma avaliação ecográfica. A mediana do tempo sob VM foi de 7 dias e a mediana de internamento foi de 11 dias. Dos 17 pacientes, apenas um faleceu durante o estudo. Quanto à espessura, foi observada uma redução de 13% da espessura do diafragma ao longo do período de tempo em que os pacientes estiveram intubados comparando as medianas de espessura iniciais e finais. Foi observado atrofia diafragmática em 14 das 17 crianças/adolescentes. Em contrapartida, foi observado uma tendência de aumento da espessura diafragmática dos pacientes quando colocados no modo pressão de suporte, sugerindo que, ao retornar à respiração fisiológica, pode-se reduzir os efeitos negativos sob o diafragma na VM.

Considerando que a espessura do diafragma é uma medida objetiva da função do diafragma, esse achado pode ser um grande indicador na ocorrência ou não de DDIV. O estudo de Subhash e Kumar (2021) buscaram estudar a influência da espessura do diafragma sobre o sucesso da extubação, através do ultrassom. Foram incluídos 26 pacientes que possuíam um período de VM maior que 24 horas. As medidas da espessura diafragmática foram realizadas 30 minutos após o teste de respiração espontânea (TRE). O sucesso de extubação foi definido como 48 horas de respiração espontânea sem suporte de pressão. A taxa de sucesso da extubação foi de 73,1%. Ligando a medida de DTF com o sucesso da extubação, foi definido o valor de corte de 20% para o DTF, e dos 19 pacientes entubados com sucesso, 17 tiveram DTF de 20%. O estudo concluiu que o DTF tem uma boa precisão diagnóstica na previsão de sucesso da extubação.

O estudo de Goligher *et al* (2018) buscou não somente avaliar a espessura do diafragma, mas também sua atividade elétrica durante a VM. Em uma amostra com 222 pacientes, a atrofia do diafragma foi observada a partir do 4º dia de VM. A diminuição na espessura do diafragma foi associada a um esforço inspiratório muito baixo, enquanto o aumento na espessura estava ligado a um esforço inspiratório excessivo. Os pacientes que mantiveram uma fração de espessamento do diafragma entre 15% e 30% durante os três primeiros dias, o que é semelhante

à respiração em repouso, apresentaram um tempo mais curto de ventilação. Corroborando com os outros estudos apresentados, esse estudo aponta que o desenvolvimento progressivo de atrofia do diafragma durante a VM está associado a longa permanência, principalmente após o 4º dia, e também a um risco aumentado de complicações de doenças agudas. Adicionando a esse cenário, a pesquisa revelou que aumentos repentinos e antecipados na espessura do diafragma foram indicativos de uma necessidade prolongada de ventilação, aumentando o risco de lesão clinicamente relevante no diafragma causada pela VM durante os primeiros três dias. Os pacientes que mostraram menor descarga muscular respiratória durante a VM neste período apresentaram menor necessidade de ventilação prolongada (cerca de 3 dias).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo entender como a disfunção diafragmática pode estar ligada à ventilação mecânica (VM) em pacientes que se encontram em leitos de UTI. Pacientes portadores de insuficiência respiratória necessitam do recurso de suporte ventilatório para melhor prognóstico. O diafragma é o principal músculo do processo de inspiração, aquele no qual o ar é guiado para dentro do pulmão. Sabe-se que um dos danos causados pela VM é a disfunção diafragmática induzida pela ventilação (DDIV), essa disfunção atinge diretamente o diafragma gerando uma piora da patologia de base do paciente.

É possível verificar que a disfunção diafragmática está diretamente ligada a quantidade de tempo que o paciente está sujeito à VM, pois a musculatura entra em desuso resultante da substituição da respiração fisiológica para a artificial, diante disso é necessário entender que deve-se tentar, por meio de condutas, reduzir o tempo de VM. Por isso, as ações do profissional responsável pelo paciente em ambiente de unidade de terapia intensiva devem ser direcionadas com esse objetivo. Além disso, cabe aos profissionais obterem conhecimento para utilização de instrumento de avaliação do diafragma que é a ultrassonografia diafragmática, fornecendo informações para ajudar a aplicar a intervenção correta e acompanhar o desenvolvimento da DDIV.

A presente pesquisa mostrou que são necessários mais estudos para comprovar o benefício da utilização de algumas condutas que tem o intuito amenizar a disfunção diafragmática nos pacientes que utilizam a VM. Assim como deve-se buscar alternativas de tratamento desses indivíduos com o objetivo de reduzir o tempo de internação e uso da ventilação mecânica para minimizar o risco do desenvolvimento de DDIV.

REFERÊNCIAS

AL-BILBEISI, F.; DENNIS MCCOOL, F. Diaphragm recruitment during nonrespiratory activities. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 162, n. 2, p. 456-459, 2000.

DIONISIO, Maria Teresa et al. Avaliação Ecográfica da Disfunção Diafragmática Induzida pelo Ventilador em Idade Pediátrica. **Acta Médica Portuguesa**, v. 32, n. 7-8, p. 520-528, 2019.

DONG, Zehua et al. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation: a randomised control study. **BMC pulmonary medicine**, v. 21, p. 1-8, 2021.

DRES, Martin et al. Randomized clinical study of temporary transvenous phrenic nerve stimulation in difficult-to-wean patients. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 205, n. 10, p. 1169-1178, 2022.

ELY, W. et al. The distribution of costs of care in mechanically ventilated patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Critical care medicine**, v. 28, n. 2, p. 408-413, 2000.

ESTEBAN, A. et al. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 161, n. 5, p. 1450-1458, 2000.

GOLIGHER, E. et al. Mechanical ventilation–induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 197, n. 2, p. 204-213, 2018.

SUBHASH, S. ; KUMAR, V. Point-of-care ultrasound measurement of diaphragm thickening fraction as a predictor of successful extubation in critically ill children. **Journal of Pediatric Intensive Care**, v. 12, n. 02, p. 131-136, 2023.

VALLVERDÚ, I.; MANCEBO, J. Weaning criteria: physiologic indices in different groups of patients. In: **Mechanical Ventilation and Weaning**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. p. 203-215.

Roberts HC. Imagem do diafragma. *Clínica de Cirurgia Torácica*.2009;19:431-50.

McCool FD, Tzelepis GE. Disfunção do diafragma. *N Engl J Med*. 2012;366:932-42.

Powers SK, Shanely RA, Coombes JS, Koesterer TJ, McKenzie M, Van Gammeren D, et al. A ventilação mecânica resulta em disfunção contrátil progressiva no diafragma. *J Appl Physiol*. 2002;92:1851–8

J Ricoy, N. Rodríguez-Núñez, J.M. Álvarez-Dobaño, M.E. Toubes, V. Riveiro, L. Valdés, Diaphragmatic dysfunction, *Pulmonology*, Volume 25, Issue 4, 2019, Pages 223-235, ISSN 2531-0437.

Schepens T, Fard S, Goligher EC. Assessing Diaphragmatic Function. *Respir Care*. 2020 Jun;65(6):807-819. doi: 10.4187/respcare.07410. PMID: 32457172.

Jubran A. Critical illness and mechanical ventilation: effects on the diaphragm. *Respir Care*. 2006 Sep;51(9):1054-61; discussion 1062-4. PMID: 16934168.

Dot, Irene et. al. Disfunción diafragmática: una realidad en el paciente ventilado mecánicamente / Diaphragm dysfunction in mechanically ventilated patients *Arch. bronconeumol. (Ed. impr.)* ; 53(3): 150-156, mar. 2017.