

## TREINAMENTO MUSCULAR RESPIRATÓRIO NO PROCESSO DE DESMAME DE VENTILAÇÃO MECÂNICA EM IDOSOS

Camila Vieira Morais da Silva<sup>1</sup>, Leonan Aredes Ferreira<sup>1</sup>, Márcia Christina da Silva<sup>1</sup>, Matheus Douglas da Silva<sup>1</sup>, Marcos de Souza Pereira<sup>2</sup>, Fábio Augusto D'Alegria Tuza<sup>2</sup>, Braz Perpétuo de Lima<sup>2</sup>

1. Discente do Curso de Graduação em Fisioterapia da Universidade Iguaçu (UNIG)

2. Docente do Curso de Graduação em Fisioterapia da Universidade Iguaçu (UNIG)

### RESUMO

**Introdução:** O envelhecimento populacional aumenta a presença de idosos em UTIs, muitos submetidos à ventilação mecânica prolongada, tornando o desmame ventilatório desafiador e associado a complicações. O treinamento muscular respiratório (TMR) surge como estratégia adjuvante para fortalecer a musculatura inspiratória, prevenir disfunção diafragmática e reduzir o tempo de ventilação. **Objetivo:** Analisar a literatura sobre a aplicação do TMR no desmame ventilatório de pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada. **Metodologia:** Revisão sistemática nas bases PubMed, SciELO, Web of Science e Google Scholar, considerando publicações de 2015 a 2025, incluindo estudos clínicos randomizados, ensaios controlados e dissertações sobre TMR em idosos ou em ventilação prolongada. **Resultados:** Dez estudos foram incluídos, mostrando efeitos consistentes do TMR, como aumento da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx</sub>), redução do tempo de desmame e melhora da função diafragmática, mesmo em ventilação prolongada ou pós-extubação. Protocolos adaptativos e dispositivos eletrônicos otimizaram força e resistência muscular, favorecendo o sucesso do desmame. Evidências nacionais confirmam resposta positiva de idosos ao TMR. **Conclusão:** O TMR é eficaz e seguro para otimizar o desmame em idosos críticos, melhorando a função respiratória e desfechos clínicos. No entanto, a heterogeneidade de protocolos limita a generalização, indicando a necessidade de estudos maiores e padronizados, com foco na personalização do treino e avaliação de desfechos de longo prazo.

### PALAVRAS-CHAVE

Exercícios Respiratórios; Desmame do Respirador; Idosos; Respiração Artificial Prolongada; Fisioterapia.

### ABSTRACT

**Introduction:** Population aging increases the number of elderly patients in ICUs, many undergoing prolonged mechanical ventilation, making ventilatory weaning challenging and associated with complications. Respiratory muscle training (RMT) emerges as an adjunctive strategy to strengthen inspiratory muscles, prevent diaphragmatic dysfunction, and reduce ventilation time. **Objective:** To analyze the literature on the application of RMT in ventilatory weaning of elderly patients undergoing prolonged mechanical ventilation. **Methodology:** Systematic review of PubMed, SciELO, Web of Science, and Google Scholar databases, considering publications from 2015 to 2025, including randomized clinical trials, controlled trials, and dissertations on RMT in elderly patients or those undergoing prolonged ventilation. **Results:** Ten studies were included, showing consistent effects of RMT, such as increased maximum inspiratory pressure (MIP), reduced

weaning time, and improved diaphragmatic function, even with prolonged ventilation or post-extubation. Adaptive protocols and electronic devices optimized muscle strength and endurance, favoring successful weaning. National evidence confirms a positive response to RMT in elderly patients. Conclusion: RMT is effective and safe for optimizing weaning in critically ill elderly patients, improving respiratory function and clinical outcomes. However, the heterogeneity of protocols limits generalization, indicating the need for larger, standardized studies focusing on personalized training and evaluating long-term outcomes.

**Keywords:** Breathing Exercises; Weaning from Respirator; Elderly; Prolonged Artificial Respiration; Physiotherapy.

## INTRODUÇÃO

A respiração é um processo fisiológico essencial para a manutenção da homeostase (1). E sua eficácia depende da integridade da membrana alvéolo-capilar, responsável por garantir a oxigenação adequada e a remoção eficiente do dióxido de carbono (2). Em situações de comprometimento agudo ou crônico da função respiratória, como em doenças pulmonares obstrutivas, síndromes restritivas, trauma torácico ou estados críticos sistêmicos, observa-se um desequilíbrio patológico entre a capacidade ventilatória e as demandas metabólicas teciduais (3).

Nesses casos, a ventilação mecânica (VM) torna-se intervenção necessária, mantendo a oxigenação enquanto a doença de base é tratada, de forma a garantir trocas gasosas eficientes (2). Essa modalidade de suporte vital permite não apenas a manutenção das funções fisiológicas básicas, mas também cria condições para a recuperação do sistema respiratório comprometido, desde que adequadamente indicada e monitorada (3,4). A ventilação mecânica prolongada, geralmente definida como aquela que se estende por mais de 48 horas, pode desencadear efeitos iatrogênicos relevantes, visto que reduz consideravelmente o trabalho dos músculos respiratórios, especialmente do diafragma (5).

O envelhecimento populacional e o aumento da expectativa de vida têm levado os serviços de saúde a lidar com um número crescente de pacientes idosos internados em unidades de terapia intensiva e submetidos a períodos prolongados de ventilação mecânica (6,7). No Brasil, dados apontam que 34,1% dos pacientes ventilados necessitam de ventilação mecânica prolongada, com uma taxa de sucesso no desmame de aproximadamente 87% (8). A taxa de falha no desmame ventilatório em idosos varia significativamente entre os estudos. Uma meta-análise recente revelou uma taxa média de falha de 31,56%, com variações entre 10% e 50%, portanto, esses dados reforçam a importância de abordagens terapêuticas que possam reduzir essas taxas e melhorar os desfechos clínicos (9).

Esse grupo etário é particularmente vulnerável, uma vez que apresenta menor reserva fisiológica, alta prevalência de comorbidades e uma predisposição à sarcopenia respiratória, condição caracterizada pela perda acelerada de massa e força muscular respiratória em decorrência da idade e da imobilidade (10). Como resultado, o desmame ventilatório torna-se mais complexo, com maior risco de falhas, reintubação, infecções nosocomiais e prolongamento do tempo de internação (11). Diante desse cenário, é preciso que haja a adoção de estratégias que otimizem o processo de desmame, reduzindo complicações e promovendo uma recuperação mais eficaz. O treinamento muscular respiratório (TMR) desponta como uma intervenção

promissora, com estudos indicando sua eficácia no fortalecimento da musculatura inspiratória e expiratória, na redução da duração da VM e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes após a alta (12).

No entanto, apesar dos benefícios já demonstrados, ainda persistem lacunas na literatura científica quanto à padronização de protocolos específicos para a população idosa crítica, que é o grupo que mais poderia se beneficiar dessa abordagem terapêutica. Diante dessas evidências, a hipótese deste estudo é que o treinamento muscular respiratório sistemático em pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada promove melhores taxas de sucesso no desmame, reduzindo complicações e otimizando a recuperação funcional. A aplicação sistemática do treinamento muscular respiratório em pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada tem se mostrado eficaz na otimização do processo de desmame (5). Esse método contribui para o fortalecimento da musculatura inspiratória, reduz o tempo de ventilação, diminui as taxas de falha na extubação e de reintubação, além de promover melhores desfechos clínicos e funcionais no período pós-extubação (3, 9).

A relevância deste estudo fundamenta-se em três aspectos centrais: primeiramente, a carência de uma síntese atualizada e crítica das evidências científicas que orientem a conduta clínica no desmame ventilatório de idosos; em segundo lugar, o potencial impacto positivo do treinamento muscular respiratório na recuperação funcional e na qualidade de vida dessa população; e, por fim, as implicações econômicas associadas à redução do tempo de ventilação mecânica e de internação hospitalar. Sendo assim, o objetivo geral deste estudo é analisar as evidências disponíveis sobre a aplicação do TMR no desmame ventilatório de pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada.

## **METODOLOGIA**

Este estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de reunir e avaliar de forma crítica as evidências científicas sobre o uso do TMR no desmame ventilatório de idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada. A revisão sistemática foi adotada para garantir uma busca ampla e criteriosa dos dados disponíveis, permitindo a identificação de resultados consistentes e possíveis lacunas para direcionar futuras pesquisas e aprimorar a prática clínica (13).

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados eletrônicas Google Scholar, PubMed, SciELO e Web of Science, abrangendo o período de janeiro de 2015 a agosto de 2025. A inclusão do Google Scholar permitiu uma busca ampla e abrangente, incluindo artigos, teses, dissertações e literatura cinzenta, enquanto SciELO foi utilizada para acesso a produções científicas relevantes na América Latina e em países de língua portuguesa. Foram utilizados descritores em português, inglês e espanhol, tais como: “treinamento muscular respiratório”, “respiratory muscle training”, “ventilação mecânica prolongada”, “prolonged mechanical ventilation”, “desmame ventilatório”, “weaning from mechanical ventilation”, “idosos”, “elderly” e “unidade de terapia intensiva” (“intensive care unit”).

Foram incluídos estudos originais que investigaram a aplicação do TMR em pacientes idosos com idade igual ou superior a 60 anos, submetidos à ventilação mecânica prolongada. Foram excluídos estudos do tipo editoriais, cartas ao editor, pesquisas com amostras pediátricas e aqueles que não forneceram dados específicos referentes à população idosa.

O processo de seleção dos estudos foi conduzido em duas etapas sequenciais, com o objetivo de garantir a consistência e a reprodutibilidade da revisão sistemática. Inicialmente, todos os artigos identificados nas bases de dados foram submetidos a uma triagem baseada na avaliação de títulos e resumos,

considerando os critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Os estudos que apresentaram potencial relevância foram então submetidos a uma avaliação completa por meio da leitura integral do texto, permitindo a confirmação definitiva de sua adequação aos critérios de inclusão e exclusão. Todas as discordâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso, garantindo assim a objetividade do processo de seleção.

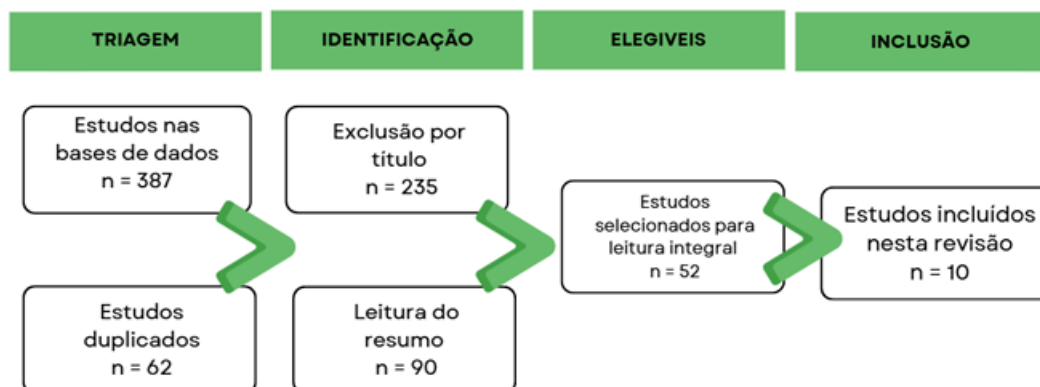
A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, com o objetivo de identificar padrões, tendências e inconsistências nos resultados reportados pelos estudos incluídos. Essa abordagem permitiu uma avaliação crítica da eficácia, segurança e aplicabilidade clínica do treinamento muscular respiratório em pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada. Os resultados foram organizados e comparados sistematicamente, destacando-se as similaridades e divergências entre os diferentes protocolos de intervenção e populações estudadas.

Devido à heterogeneidade metodológica significativa observada entre os estudos, incluindo variações nos protocolos de treinamento, características dos pacientes e desfechos avaliados, optou-se por não realizar uma meta-análise quantitativa. Em vez disso, a síntese narrativa foi priorizada, permitindo uma interpretação mais abrangente e contextualizada das evidências disponíveis. Essa decisão foi fundamentada na necessidade de respeitar as particularidades de cada estudo e na importância de considerar as diferenças metodológicas que poderiam influenciar os resultados. A análise qualitativa foi complementada pela avaliação do risco de viés de cada estudo incluído, bem como pela classificação da força das evidências, proporcionando uma visão crítica e balanceada do conhecimento atual sobre o tema. A abordagem metodológica adotada nesta revisão sistemática garantiu, portanto, uma análise abrangente das evidências disponíveis, oferecendo subsídios valiosos para a prática clínica e para o direcionamento de investigações futuras.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A busca sistemática realizada nas bases PubMed, Web of Science, SciELO e Google Scholar, no período de janeiro de 2015 a julho de 2025, identificou inicialmente 387 estudos. Após a remoção de duplicatas e a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, 52 artigos foram selecionados para leitura na íntegra. Destes, 10 estudos preencheram integralmente os critérios de elegibilidade e compuseram a amostra final desta revisão sistemática. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos está representado no fluxograma PRISMA, como mostra a Figura 1, que ilustra de forma clara as etapas percorridas durante a seleção dos artigos.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA desta revisão.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Os estudos incluídos apresentam heterogeneidade metodológica, com delineamentos variados, sendo cinco ensaios clínicos randomizados, dois estudos observacionais com intervenções voltadas exclusivamente à população idosa e três revisões sistemáticas que abordaram a eficácia do TMR no processo de desmame ventilatório. Os artigos foram conduzidos em diversos países, incluindo Brasil, França, Japão, Reino Unido, Austrália e Estados Unidos, demonstrando o interesse internacional crescente sobre o tema. Quanto ao público-alvo, dois estudos utilizaram amostras compostas exclusivamente por idosos, enquanto os demais abrangeram adultos de diferentes faixas etárias, com participação significativa de pacientes com 60 anos ou mais, especialmente em contextos clínicos que envolviam ventilação mecânica prolongada e desmame difícil.

Entre os desfechos mais frequentemente avaliados nos estudos analisados estão a força muscular inspiratória, geralmente medida por meio da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx</sub>), o tempo necessário para o desmame ventilatório, as taxas de sucesso na extubação e de reintubação, além de variáveis funcionais, como a tolerância ao esforço. Alguns estudos também incorporaram medidas complementares, como a mobilidade e espessura diafragmática avaliadas por ultrassonografia, além da duração total da ventilação mecânica e do tempo de permanência em unidade de terapia intensiva. Adicionalmente, foi identificado em parte dos estudos um enfoque sobre as implicações econômicas relacionadas à redução do tempo de ventilação e de internação hospitalar, especialmente em pacientes idosos que, em geral, demandam maior utilização de recursos em razão da presença de múltiplas comorbidades e menor reserva fisiológica.

Em estudos com amostras compostas por idosos, também foram observadas melhorias adicionais, como aumento da mobilidade diafragmática, incremento na espessura muscular respiratória e maior independência respiratória no período pós-extubação. Apesar das variações nos protocolos de intervenção, a consistência dos resultados entre os estudos incluídos reforça a relevância do TMR como estratégia adjuvante no manejo de pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada. As características metodológicas e clínicas dos estudos analisados encontram-se sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Artigos selecionados para a revisão.

| Autor/Ano                          | Título                                                                                                                                                                            | Revista                                        | Objetivo                                                                                 | Amostra                                        | Intervenção                                                                | Métodos avaliativos                                    | Metodologia                            | Conclusão                                                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bissett et al. (2016) (14)         | Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial.                                                                                  | Thorax<br>BMJ<br>Journals                      | Avaliar se o TMR acelera a recuperação e o desmame da ventilação mecânica.               | 70 pacientes críticos em VM $\geq 48$ h.       | - TMR com dispositivo Threshold IMT, 5 séries de 6 respirações, 5x/semana. | P <sub>Imáx</sub> , tempo de VM, sucesso no desmame.   | Ensaio clínico randomizado controlado. | O TMR aumentou significativamente a força inspiratória e reduziu o tempo total de ventilação. |
| Tonella et al. (2017) (15)         | Inspiratory muscle training in the intensive care unit: A new perspective.                                                                                                        | Journal of<br>Clinical<br>Medicine<br>Research | Investigar o impacto do TMR no tempo de ventilação e força muscular inspiratória em UTI. | 34 pacientes críticos sob VM.                  | TMR progressivo com Threshold IMT, 5 min/dia.                              | P <sub>Imáx</sub> , capacidade vital, tempo de VM.     | Ensaio clínico controlado.             | O TMR aumentou P <sub>Imáx</sub> e reduziu o tempo de VM.                                     |
| Sandoval-Moreno et al. (2019) (16) | Efficacy of respiratory muscle training in weaning of mechanical ventilation in patients with mechanical ventilation for 48 hours or more: A Randomized Controlled Clinical Trial | Medicina<br>Intensiva<br>(English<br>Edition)  | Avaliar eficácia do TMR em pacientes sob VM $\geq 48$ h.                                 | 126 pacientes adultos/idosos em VM prolongada. | TMR diário com Threshold, 30 min.                                          | P <sub>Imáx</sub> , tempo de desmame, taxa de sucesso. | Ensaio clínico randomizado.            | O TMR melhorou P <sub>Imáx</sub> , mas não reduziu significativamente o tempo de desmame.     |

| Autor/Ano                    | Título                                                                                                                                                                                                                     | Revista                                        | Objetivo                                                                  | Amostra                                                     | Intervenção                                   | Métodos avaliativos                                        | Metodologia                               | Conclusão                                                                   |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Réginault et al. (2024) (21) | Impacts of three inspiratory muscle training programs on inspiratory muscles strength and endurance among intubated and mechanically ventilated patients with difficult weaning: a multicentre randomised controlled trial | Journal of Intensive Care                      | Comparar diferentes intensidades de TMR em pacientes com desmame difícil. | 90 pacientes em 3 grupos (baixa, média e alta intensidade). | Protocolos de TMR de diferentes intensidades. | PI <sub>máx</sub> , endurance respiratória.                | Ensaio clínico multicêntrico randomizado. | Intensidade média obteve melhor equilíbrio entre força e resistência.       |
| Benli et al. (2024) (22)     | Effect of post-extubation inspiratory muscle training on diaphragmatic function in mechanically ventilated patients: A randomized controlled trial                                                                         | Advances in Clinical and Experimental Medicine | Avaliar o efeito do TMR pós-extubação na função diafragmática.            | 60 pacientes extubados após VM prolongada.                  | TMR com Threshold, 5 dias/semana, 2 semanas.  | Espessura diafragmática por ultrassom, PI <sub>máx</sub> . | Ensaio clínico randomizado controlado.    | O TMR melhorou a função diafragmática e reduziu complicações pós-extubação. |

| Autor/Ano               | Título                                                                                                                                           | Revista               | Objetivo                                                               | Amostra                  | Intervenção                                                        | Métodos avaliativos                                    | Metodologia                 | Conclusão                                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Wang et al. (2025) (23) | Inspiratory muscle training facilitates liberation from mechanical ventilation in subacute critically ill patients—a randomized controlled trial | Frontiers in Medicine | Verificar se o TMR facilita o desmame em pacientes críticos subagudos. | 82 pacientes em VM >48h. | TMR 2x/dia com carga progressiva de 30%–50% da PI <sub>máx</sub> . | PI <sub>máx</sub> , tempo de desmame, taxa de sucesso. | Ensaio clínico randomizado. | O TMR reduziu o tempo de VM e aumentou a taxa de sucesso de desmame. |

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os resultados deste estudo reforçam que o treinamento muscular inspiratório (TMI) constitui uma intervenção promissora para facilitar o desmame ventilatório em pacientes críticos, especialmente idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada. A literatura recente corrobora esses achados, consolidando o TMI como estratégia adjuvante na reabilitação precoce, capaz de reduzir a dependência de ventilação mecânica e melhorar a função respiratória global. Considerando o envelhecimento fisiológico e a vulnerabilidade dessa população, o TMI surge como uma ferramenta clínica capaz de atuar de forma direta na recuperação muscular e na independência funcional desses pacientes (24).

Bisset et al. (14) demonstraram que a aplicação sistemática do TMI aumenta significativamente a pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx</sub>) e acelera a recuperação respiratória em pacientes críticos, incluindo idosos. Esses achados destacam o papel do TMI na prevenção da disfunção diafragmática induzida pelo ventilador (DDIV), um mecanismo fisiopatológico central na dificuldade de desmame. Ao fortalecer o diafragma e os músculos acessórios da inspiração, o TMI contribui para a manutenção da ventilação alveolar adequada, melhora do volume corrente e redução do trabalho respiratório, fatores críticos em pacientes com reserva muscular reduzida (14, 25).

Tonelli et al. (15) corroboram esses achados, mostrando que o uso do Threshold IMT melhora a força muscular respiratória e reduz o tempo de desmame. Comparado ao estudo de Bisset et al. (14), Tonelli et al. (15) demonstra que mesmo protocolos de curta duração podem gerar efeitos clínicos relevantes, especialmente em idosos, cuja capacidade de recrutamento muscular é limitada. O estudo sugere que a regularidade do estímulo respiratório, mesmo que breve, é suficiente para induzir adaptações fisiológicas, como aumento da P<sub>Imáx</sub> e resistência muscular, reforçando que o TMI deve ser incorporado precocemente ao desmame ventilatório. Esses achados ganham maior relevância fisiopatológica ao considerar que a preservação da estrutura e função diafragmática é um determinante crítico para o desmame, uma vez que o chamado míotrauma diafragmático, a lesão muscular induzida pela ventilação mecânica, é um mediador estabelecido de ventilação prolongada e desfechos ruins (26).

Sandoval-Moreno et al. (16) investigaram pacientes submetidos à ventilação mecânica por mais de 48 horas, incluindo idosos, e demonstraram melhora significativa na força respiratória e nos desfechos de desmame. Este estudo evidencia que o TMI é eficaz mesmo em ventilação prolongada, período no qual ocorre atrofia muscular e redução da endurance diafragmática. Os autores sugerem que protocolos adaptativos, ajustando intensidade e duração do treino conforme a capacidade do paciente, podem prevenir fadiga precoce e potencializar a recuperação respiratória, especialmente em idosos com menor reserva funcional.

Ferreira (17) avaliou o TMI em idosos submetidos à ventilação prolongada, demonstrando aumento da P<sub>Imáx</sub> e maior tolerância ao desmame. Apesar da amostra restrita, os resultados complementam os achados internacionais e enfatizam que populações idosas respondem positivamente a protocolos de TMI, mesmo em cenários com menor disponibilidade tecnológica. O estudo reforça a importância da prescrição individualizada, considerando capacidade funcional inicial, presença de comorbidades e tempo de ventilação mecânica. Essa conclusão está alinhada com revisões sistemáticas que consolidam o TMI como uma intervenção eficaz para facilitar o desmame ventilatório (27).

Da Silva Guimarães et al. (18) aplicaram TMI com dispositivo de carga resistiva eletrônica, observando melhora no sucesso do desmame prolongado e redução do tempo de ventilação. O uso de dispositivos eletrônicos permite ajustes precisos da carga respiratória, monitoramento contínuo e registro do progresso, fatores que podem explicar os efeitos clínicos mais expressivos em idosos críticos. Esse potencial de otimização é respaldado por estudos de viabilidade que confirmam a segurança, aceitabilidade e efeitos promissores do uso de dispositivos eletrônicos para o TMI justamente na população que mais se beneficia de uma prescrição precisa: pacientes sob ventilação mecânica prolongada (28). Além disso, a precisão da carga promove estímulos otimizados para hipertrofia muscular e resistência, traduzindo-se em redução do trabalho respiratório e melhor sincronização com o ventilador, elementos essenciais para o desmame seguro (18).

Lopes et al. (19) avaliaram o uso do PowerBreathe em pacientes traqueostomizados, a maioria idosos, constatando aumento da força muscular inspiratória e facilitação da retirada da cânula. Este estudo demonstra que o TMI não apenas fortalece a musculatura respiratória, mas também influencia desfechos funcionais específicos, como extubação e retirada da traqueostomia. O PowerBreathe, ao proporcionar resistência ajustável ao fluxo inspiratório, estimula tanto força quanto endurance muscular, permitindo adaptação gradual e prevenção de fadiga em pacientes idosos com reserva limitada, sendo, portanto, um recurso tecnológico pertinente para o manejo do desmame ventilatório em idosos, inclusive naqueles com traqueostomia (29).

Khodabandloo et al. (20) reforçam a importância da intensidade do treinamento, mostrando que protocolos baseados no Threshold IMT aumentam a força inspiratória e reduzem significativamente o tempo de desmame. Comparado a Tonella et al. (15) e Lopes et al. (19), este estudo evidencia que a carga do TMI é determinante para maximizar os benefícios, pois estímulos submáximos podem não gerar adaptações suficientes, enquanto estímulos excessivos podem induzir fadiga e piorar a tolerância ao desmame. A individualização da intensidade é, portanto, crítica para idosos com menor reserva muscular e maior suscetibilidade à fadiga.

Réginault et al. (21) realizaram estudo multicêntrico comparando três protocolos de TMI em pacientes com desmame difícil, incluindo idosos, e observaram que protocolos de intensidade mista proporcionam maiores ganhos em força e resistência muscular. A alternância entre cargas leves e moderadas favorece adaptação progressiva e prevenção da fadiga, essencial em pacientes críticos. Este estudo fornece evidência robusta para a necessidade de personalização do TMI, ajustando intensidade, frequência e duração conforme a evolução clínica e capacidade muscular inicial, especialmente em idosos com ventilação prolongada.

Benli et al. (22) investigaram TMI pós-extubação e demonstraram melhora da função diafragmática e força inspiratória. Esse achado evidencia que os efeitos do TMI se estendem além do período ventilatório, contribuindo para manutenção da função respiratória, prevenção de recidiva respiratória e melhora da tolerância ao esforço. Além dos benefícios fisiológicos diretos, essa continuidade do cuidado com o TMI após a extubação tem o potencial de impactar positivamente a capacidade funcional global e a qualidade de vida relacionada à saúde, ao reduzir a dispneia e permitir uma maior participação nas atividades da vida diária, elementos centrais para a autonomia do paciente idoso (30). Em idosos, esse efeito é particularmente relevante, pois a perda de massa e função muscular pode comprometer a independência respiratória e aumentar o risco de readmissão hospitalar (17, 22).

Wang et al. (23) evidenciaram que o TMI facilita a liberação da ventilação mecânica em pacientes subagudos críticos, incluindo idosos, confirmando os benefícios do TMI em diferentes fases do cuidado intensivo. O estudo sugere que, mesmo em fases subagudas, o TMI promove adaptação muscular e melhora funcional, ampliando a janela de oportunidade para intervenção e reforçando a importância de protocolos contínuos e adaptativos, ajustados à evolução clínica, tolerância ao exercício respiratório e condição funcional do paciente.

De maneira geral, a análise integrada desses estudos evidencia que o TMI é uma intervenção eficaz, segura e economicamente relevante para o desmame ventilatório em idosos. A correlação entre intensidade, tipo de dispositivo, fase do cuidado e perfil do paciente sugere que protocolos personalizados, ajustando carga, frequência e duração, são essenciais para otimizar ganhos clínicos.

Além de melhorar força e endurance respiratória, o TMI contribui para desfechos funcionais mais amplos, como independência respiratória, redução do tempo de ventilação, tolerância à extubação e traqueostomias e preservação da função diafragmática a longo prazo. Apesar da robustez das evidências, a heterogeneidade dos protocolos e a necessidade de personalização indicam áreas prioritárias para pesquisas futuras, incluindo definição de protocolos ideais para idosos com ventilação prolongada, avaliação de efeitos a longo prazo na qualidade de vida e investigação de desfechos funcionais e econômicos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidencia que o treinamento muscular inspiratório (TMI) é uma intervenção eficaz e promissora para o desmame ventilatório de pacientes idosos submetidos à ventilação mecânica prolongada. A análise integrada dos estudos nacionais e internacionais indica que o TMI promove aumento significativo da força inspiratória, melhora da função diafragmática e aceleração do processo de desmame, mesmo em pacientes com ventilação prolongada ou pós-extubação. Estudos como Bisset et al. (14) e Tonella et al. (15) demonstraram que protocolos regulares de TMI, utilizando diferentes dispositivos, resultam em melhora clínica mensurável, enquanto pesquisas mais recentes, como as de Sandoval-Moreno et al. (16), Ferreira (17) e Da Silva Guimarães et al. (18), reforçam sua aplicabilidade em contextos variados, incluindo pacientes traqueostomizados e subagudos, evidenciando a versatilidade da intervenção.

A eficácia do TMI está diretamente relacionada à intensidade do treinamento, ao tipo de dispositivo utilizado e à fase do cuidado crítico em que é aplicado. Estudos multicêntricos, como Lopes et al. (19), sugerem que protocolos que alternam cargas leves e moderadas otimizam a adaptação muscular, prevenindo fadiga e promovendo resistência. Ademais, pesquisas recentes indicam que o TMI não se limita apenas à melhora da função respiratória, mas também pode contribuir para desfechos funcionais mais amplos, incluindo independência respiratória, redução do tempo de ventilação e maior sucesso em processos de extubação e retirada de traqueostomia.

Apesar dos resultados promissores, observa-se uma significativa heterogeneidade entre os protocolos estudados, tanto em relação à duração, frequência e intensidade do TMI quanto aos dispositivos empregados. Isso evidencia a necessidade de padronização, principalmente considerando a vulnerabilidade fisiológica da população idosa, que apresenta menor reserva muscular e maior risco de desmame prolongado. Além disso, há lacunas quanto à avaliação de desfechos a longo prazo, como qualidade de vida, funcionalidade respiratória sustentada e redução de complicações hospitalares, áreas que demandam pesquisas futuras.

Portanto, o TMI representa uma estratégia multidimensional no manejo de pacientes críticos idosos, com potencial de otimizar a recuperação respiratória, reduzir complicações associadas à ventilação mecânica prolongada e contribuir para a autonomia e qualidade de vida desses pacientes. Este estudo reforça a importância de protocolos individualizados, adaptados à condição clínica e à fase de recuperação do paciente, destacando o TMI como ferramenta essencial na prática clínica de reabilitação respiratória em UTI. Estudos futuros devem focar em consolidar protocolos padronizados, avaliar impactos a longo prazo e explorar os mecanismos fisiológicos subjacentes à melhora observada, fortalecendo ainda mais a evidência científica que respalda sua aplicação em idosos críticos.

## Referências bibliográficas

1. SILVERTHORN, D. U. *Fisiologia humana: uma abordagem integrada*. Artmed Editora, 2017.
2. WEST, J. B. *Fisiología respiratoria*. 9th ed. Wilkins LW&, editor. Baltimore, 2012.
3. MACINTYRE, N. R. Mechanisms of functional loss in patients with chronic lung disease. *Respiratory Care*, v. 53, n. 9, p. 1177-1184, 2008.
4. CARVALHO, C. R. R.; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S. A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *Jornal brasileiro de pneumologia*, v. 33, p. 54-70, 2007.
5. GHIGGI, K. C.; AUDINO, L. F.; ALMEIDA, G. B. Ventilação mecânica. *VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde*, v. 33, n. 1, p. 173-184, 2021.
6. LOSS, S. H.; OLIVEIRA, R. P.; MACCARI, J. G.; SAVI, A.; BONIATTI, M. M.; HETZEL, M. P.; et al. A realidade dos pacientes que necessitam de ventilação mecânica prolongada: um estudo multicêntrico. *Revista brasileira de terapia intensiva*, v. 27, n. 1, p. 26-35, 2015.
7. DANTAS DE FREITAS, F. B.; SANTOS, W. P.; LEAL, N. P. R.; VILA NOVA, F. A. L.; LEITE, M. A. P.; PONTES, M. L. F. Medidas preventivas de pneumonia associada à ventilação mecânica em idosos: revisão integrativa. *Journal of Nursing UFPE/Revista de Enfermagem UFPE*, v. 18, n. 1, 2024.
8. DAMASCENO, M. P. C. D.; DAVID, C. M. N.; SOUZA, P. C. S. P.; CHIAVONE, P. A.; CARDOSO, L. T. Q.; AMARAL, J. L. G. Ventilação mecânica no Brasil: aspectos epidemiológicos. *Revista brasileira de terapia intensiva*, v. 18, p. 219-228, 2006.
9. YAYAN, J.; SCHIFFNER, R. Weaning failure in elderly patients: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical medicine*, v. 13, n. 21, p. 6429, 2024.
10. LEVINE, S.; NGUYEN, T.; TAYLOR, N.; FRISCIA, M. E.; BUDAK, M. T.; ROTHENBERG, P.; et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *New England Journal of Medicine*, v. 358, n. 13, p. 1327-1335, 2008.
11. BOLES, J. M.; BION, J.; CONNORS, A.; HERRIDGE, M.; MARSH, B.; MELOT, C.; et al. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*, v. 29, n. 5, p. 1033-1056, 2007.
12. HOFFMAN, M.; VAN HOLLEBEKE, M.; CLERCKX, B.; MULLER, J.; LOUVARIS, Z.; GOSSELINK, R.; et al. Can inspiratory muscle training improve weaning outcomes in difficult to wean patients? A protocol for a randomised controlled trial (IMweanT study). *BMJ open*, v. 8, n. 6, p. e021091, 2018.
13. KRAMM, Daniele de Lima; LUNA, Sergio Vasconcelos de. Revisão Sistemática: Conceituação, Classificação e Possíveis Direcionamentos para a sua Condução. *Psicologia da Educação*, n. 58, p. 112-126, 2025.
14. BISSETT, B. M.; LEDITSCHKE A.; NEEMAN, T.; BOOTS, R.; PARATZ, J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. *Thorax*, v. 71, n. 9, p. 812-819, 2016.
15. TONELLA, R. M.; RATTI, L. S. R.; DELAZARI, L. E. B.; FONTES JUNIOR, C.; SILVA, P. L.; HERRAN, A. R. S.; et al. Inspiratory muscle training in the intensive care unit: A new perspective. *Journal of Clinical Medicine Research*, v. 9, n. 11, p. 929-934, 2017.
16. SANDOVAL-MORENO, L. M.; QUIROGA, I. C. C.; LUNA, E. C. W; GARCIA, A. F. Efficacy of respiratory muscle training in weaning of mechanical ventilation in patients with mechanical ventilation for 48 hours or more: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Medicina Intensiva (English Edition)*, v. 43, n. 2, p. 79-89, 2019.
17. FERREIRA, Ana Gabriela. Treino muscular inspiratório em idosos na ventilação mecânica prolongada. 2019. 120 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

18. DA SILVA GUIMARÃES, B.; DE SOUZA, L. C.; CORDEIRO, H. F.; REGIS, T. L.; LEITE, C. A.; PUGA, F. P.; et al. Inspiratory muscle training with an electronic resistive loading device improves prolonged weaning outcomes in a randomized controlled trial. *Critical Care Medicine*, v. 49, n. 4, p. 589-597, 2021.
19. LOPES, R. P. P.; GÓES, I. L.; DA SILVA, K. C. C. Treinamento muscular inspiratório no desmame ventilatório utilizando o dispositivo PowerBreathe. *Revista Foco*, v. 16, n. 9, p. e2987, 2023.
20. KHODABANDELOO, F.; FROUTAN, R.; YAZDI, A. P.; SHAKERI, M. T.; MAZLOM, S. R.; MOGHADDAM, A. B. The effect of threshold inspiratory muscle training on the duration of weaning in intensive care unit-admitted patients: a randomized clinical trial. *Journal of Research in Medical Sciences*, v. 28, n. 1, p. 44, 2023.
21. RÉGINAULT, T.; ALEJOS, R. M.; COUERON, R.; BURLE, J-F.; BOYER, A.; FRISON, E.; et al. Impacts of three inspiratory muscle training programs on inspiratory muscles strength and endurance among intubated and mechanically ventilated patients with difficult 2 weaning: a multicentre randomised controlled trial. *Journal of Intensive Care*, v. 12, n. 1, p. 28, 2024.
22. BENLI, R. K.; YURDALAN, U.; YILMAZ, B.; ADIGUZEL, N. Effect of post-extubation inspiratory muscle training on diaphragmatic function in mechanically ventilated patients: A randomized controlled trial. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, v. 33, n. 10, 2024.
23. WANG, S-J; FANG, T-P.; ROWLEY, D. D.; LIU, N-W.; CHEN, J-O.; LIU, J-F.; et al. Inspiratory muscle training facilitates liberation from mechanical ventilation in subacute critically ill patients—a randomized controlled trial. *Frontiers in Medicine*, v. 11, p. 1503678, 2025.
24. MCCONNELL, A. *Respiratory muscle training: theory and practice*. Elsevier Health Sciences, 2013.
25. GARFIELD, B.; PATEL, S. Monitoring Respiratory Muscle Function. *Oxford Textbook of Respiratory Critical Care*, p. 143, 2023.
26. GOLIGHER, E. C.; BROCHARD, L. J.; REID, W. D.; FAN, E.; SAARELA, O.; SLUSTKY, A. S.; et al. Diaphragmatic myotrauma: a mediator of prolonged ventilation and poor patient outcomes in acute respiratory failure. *The Lancet Respiratory Medicine*, v. 7, n. 1, p. 90-98, 2019.
27. ELKINS, M.; DENTICE, R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *Journal of physiotherapy*, v. 61, n. 3, p. 125-134, 2015.
28. NICKELS, M.; ERWIN, K.; MCMURRAY, G.; TALBOT, R.; STRONG, M.; KRISHNAN, A.; et al. Feasibility, safety, and patient acceptability of electronic inspiratory muscle training in patients who require prolonged mechanical ventilation in the intensive care unit: A dual-centre observational study. *Australian Critical Care*, v. 37, n. 3, p. 448-454, 2024.
29. FERREIRA, A. G.; OLIVEIRA, D. V.; SERVIUC, S. A.; SANTOS, N. Q.; TONELLA, R. M.; CORREA, C. R.; et al. Dispositivos de Treino Muscular Inspiratório em idosos com desmame da ventilação mecânica e com traqueostomia. *Saúde e Desenvolvimento Humano*, v. 8, n. 3, p. 139-148, 2020.
30. PETTO, J.; SOUZA, P. E. S.; OLIVEIRA, F. T. O.; SANTOS, P. H. S. Treinamento muscular inspiratório na qualidade de vida e capacidade funcional na cardiotoxicidade: relato de caso. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 29, p. 291-295, 2022.