REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

EFEITOS DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO NO DESMAME VENTILATÓRIO DE PACIENTES CRÍTICOS INTERNADOS EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA (UTI)

EFFECTS OF INSPIRATORY MUSCLE TRAINING ON VENTILATOR WEANING IN CRITICALLY ILL PATIENTS ADMITTED TO AN INTENSIVE CARE UNIT (ICU)

Ciências da Saúde • 09/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794125227

Juliana Cristina de Oliveira

RESUMO

A ventilação mecânica invasiva é um suporte essencial no tratamento de pacientes críticos, mas sua permanência prolongada pode favorecer fraqueza muscular adquirida na unidade de terapia intensiva, disfunção diafragmática, aumento do trabalho respiratório e dificuldade para a retirada do suporte ventilatório. O treinamento muscular inspiratório constitui uma intervenção fisioterapêutica destinada a aplicar sobrecarga progressiva à musculatura inspiratória, especialmente ao diafragma, com o objetivo de aumentar força, resistência e capacidade de sustentar a ventilação espontânea. Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos do treinamento muscular inspiratório no desmame ventilatório de adultos críticos. Foi realizada revisão integrativa da literatura, com busca principal na PubMed e consulta complementar às referências cruzadas de revisões e ensaios clínicos, considerando publicações de 2010 a 2026. Foram incluídos 38 estudos, entre ensaios clínicos, estudos observacionais, revisões sistemáticas e metanálises. Os achados indicam que o treinamento muscular inspiratório melhora de modo relativamente consistente a pressão inspiratória máxima e outros marcadores de força respiratória. Entretanto, os efeitos sobre duração da ventilação mecânica, tempo de desmame, sucesso da extubação são heterogêneos, e os dados sobre reintubação e mortalidade são escassos. Resultados positivos parecem mais frequentes quando o protocolo é individualizado, utiliza carga progressiva e é aplicado a pacientes cooperativos com fraqueza inspiratória ou dificuldade de desmame. Conclui-se que o treinamento muscular inspiratório é uma estratégia viável, geralmente bem tolerada e potencialmente útil como componente de um programa multimodal de fisioterapia intensiva, não devendo ser interpretado como substituto das medidas de avaliação de prontidão, teste de respiração espontânea, mobilização precoce e

cuidado ventilatório protetor.
Palavras-chave: treinamento muscular inspiratório; desmame ventilatório; ventilação mecânica invasiva; fraqueza muscular respiratória; fisioterapia intensiva.

ABSTRACT

Invasive mechanical ventilation is an essential support for critically ill patients; however, prolonged exposure may contribute to intensive care unit-acquired weakness, diaphragmatic dysfunction, increased respiratory workload and difficult liberation from ventilatory support. Inspiratory muscle training is a physiotherapeutic intervention that applies progressive overload to the inspiratory muscles, particularly the diaphragm, in order to improve strength, endurance and the ability to sustain spontaneous breathing. This study analyzed the effects of inspiratory muscle training on ventilator weaning in critically ill adults. An integrative literature review was conducted, with a primary PubMed search and complementary reference tracking from systematic reviews and clinical trials, considering publications from 2010 to 2026. Thirty-eight studies were included, comprising clinical trials, observational studies, systematic reviews and meta-analyses. The findings indicate that inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and other respiratory muscle strength markers with relative consistency. Nevertheless, the effects on the duration of mechanical ventilation, weaning time, extubation success remain heterogeneous, and data on reintubation and mortality are scarce. Positive results appear more frequent when the protocol is individualized, uses progressive loading and is applied to cooperative patients with inspiratory weakness or difficult weaning. Inspiratory muscle training is therefore a feasible and generally well-tolerated strategy that may be useful as part of a multimodal intensive care physiotherapy program; it should not

replace readiness assessment, spontaneous breathing trials, early mobilization or lung-protective ventilatory care.
Keywords: inspiratory muscle training; ventilator weaning; invasive mechanical ventilation; respiratory muscle weakness; intensive care physiotherapy.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica invasiva (VMI) constitui uma das principais modalidades de suporte utilizadas em unidades de terapia intensiva (UTI), pois permite manter a oxigenação, a eliminação de dióxido de carbono e a redução do trabalho respiratório em situações de insuficiência respiratória aguda. Apesar de indispensável em muitos cenários, a VMI não é uma terapia neutra. A exposição prolongada a níveis inadequados de assistência, a imobilidade, a sedação, a inflamação sistêmica e a própria gravidade da doença podem comprometer a musculatura respiratória e periférica, ampliando a dependência do ventilador e o risco de desfechos desfavoráveis (Supinski et al., 2018; Schreiber; Bertoni; Goligher, 2018).

O desmame ventilatório deve ser compreendido como um processo clínico progressivo, que envolve a redução do suporte, a avaliação da capacidade de respiração espontânea e, quando possível, a extubação. A falha nesse processo pode resultar de fatores pulmonares, cardiovasculares, neurológicos, metabólicos e musculares. Entre eles, a fraqueza da musculatura inspiratória ocupa posição relevante, uma vez que o paciente precisa sustentar, sem o auxílio contínuo do ventilador, uma carga respiratória que pode estar aumentada pela redução da complacência pulmonar, pela obstrução das vias aéreas, pela secreção e pela perda de

condicionamento físico (Dres et al., 2017; Bureau; van Hollebeke; Dres, 2023).

A disfunção diafragmática associada à doença crítica e à ventilação mecânica pode surgir precocemente. O excesso ou a insuficiência de esforço do diafragma, a inflamação, o estresse oxidativo, a alteração da proteostase e a atrofia muscular contribuem para a redução da capacidade de gerar pressão. O conceito de miotrauma diafragmático destaca que tanto o excesso de assistência quanto a sobrecarga respiratória podem lesar a musculatura, tornando necessário equilibrar proteção pulmonar e proteção muscular (Goligher et al., 2019; Zhang et al., 2023).

Nesse contexto, o treinamento muscular inspiratório (TMI) é proposto como intervenção específica para aumentar a capacidade de geração de força e melhorar a tolerância ao esforço respiratório. O TMI pode ser realizado com dispositivos de carga limiar ou resistiva, geralmente com intensidade definida a partir da pressão inspiratória máxima (PImáx). A lógica terapêutica é semelhante à de outras formas de treinamento: aplicação de uma carga suficiente para produzir adaptação, progressão conforme a tolerância e monitoramento de sinais clínicos de fadiga ou instabilidade (Moodie; Reeve; Elkins, 2011; van Hollebeke; Gosselink; Langer, 2020).

Embora a melhora da força inspiratória seja frequentemente observada, a relação entre TMI e desfechos clínicos ainda não é linear. Estudos randomizados encontraram redução do tempo de desmame em alguns grupos, enquanto outros demonstraram apenas aumento da força respiratória, do volume corrente ou da qualidade de vida, sem diferença significativa na duração da ventilação ou na taxa de extubação (Cader et al., 2010; Condessa et

al., 2013; Sandoval Moreno et al., 2019; Bissett et al., 2023). Revisões sistemáticas também apontam heterogeneidade de protocolos, populações e cuidados usuais, dificultando a definição de uma dose ideal de treinamento (Elkins; Dentice, 2015; Vorona et al., 2018; Worraphan et al., 2020).

A relevância desta temática para a fisioterapia intensiva está relacionada à necessidade de integrar avaliação, intervenção e tomada de decisão baseada em evidências. O TMI pode ser uma ferramenta complementar para pacientes selecionados, mas sua indicação deve considerar nível de consciência, estabilidade hemodinâmica, capacidade de cooperação, presença de fraqueza inspiratória e risco de fadiga. Assim, torna-se importante sintetizar os resultados disponíveis e discutir em quais circunstâncias o TMI parece produzir benefícios clinicamente significativos.

1.1. Problema de Pesquisa

Quais são os efeitos do treinamento muscular inspiratório sobre a força muscular respiratória, o tempo de ventilação mecânica, o processo de desmame e os demais desfechos clínicos de pacientes adultos críticos internados em unidade de terapia intensiva?

1.2. Justificativa

A permanência prolongada em VMI está associada a maior exposição a complicações, uso ampliado de recursos e recuperação funcional mais lenta. A fraqueza muscular respiratória é potencialmente modificável, e o TMI apresenta a vantagem de ser uma intervenção relativamente simples, de baixo custo e passível de individualização. Entretanto, a literatura apresenta resultados divergentes, especialmente quando se analisam desfechos além da

PImáx. Uma revisão integrativa pode contribuir para distinguir efeitos fisiológicos de efeitos clínicos, identificar características dos protocolos associados a melhores resultados e apoiar a atuação do fisioterapeuta em UTI (Lippi et al., 2022; Bureau; van Hollebeke; Dres, 2023).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar os efeitos do treinamento muscular inspiratório no desmame ventilatório de pacientes adultos críticos submetidos à ventilação mecânica invasiva em unidade de terapia intensiva.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Descrever os mecanismos relacionados à fraqueza muscular respiratória e à disfunção diafragmática na doença crítica.
- Caracterizar os principais protocolos, dispositivos, intensidades e frequências utilizados no treinamento muscular inspiratório.
- Avaliar os efeitos do treinamento sobre PImáx, pressão expiratória máxima (PEmáx), índice de respiração rápida e superficial, volume corrente e outros marcadores respiratórios.
- Analisar a influência do treinamento sobre o tempo de ventilação mecânica, o tempo de desmame, a extubação, a reintubação e a mortalidade.
- Discutir a segurança, a tolerabilidade e a aplicabilidade clínica do treinamento muscular inspiratório no contexto da

fisioterapia intensiva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ventilação Mecânica Invasiva e Desmame Ventilatório

A VMI substitui ou auxilia o trabalho dos músculos respiratórios por meio da aplicação de pressão positiva, permitindo controlar ou apoiar o ciclo ventilatório. A assistência pode ser ajustada para reduzir o esforço, melhorar a troca gasosa e adequar a demanda metabólica. Todavia, a ventilação controlada ou excessivamente assistida reduz a atividade contrátil do diafragma, ao passo que a assistência insuficiente pode elevar o esforço e favorecer lesão muscular. Essa relação entre suporte e esforço é relevante para o planejamento do desmame e para a prevenção de lesões associadas ao ventilador (Goligher et al., 2019; Schreiber; Bertoni; Goligher, 2018).

O desmame envolve três componentes interdependentes: a resolução ou o controle da causa da insuficiência respiratória, a capacidade de manter respiração espontânea e a proteção das vias aéreas após a extubação. A avaliação inclui parâmetros clínicos, gasométricos e ventilatórios, mas nenhum indicador isolado define o sucesso. O índice de respiração rápida e superficial (índice de Tobin), por exemplo, pode auxiliar na avaliação, porém deve ser interpretado junto à força inspiratória, ao padrão respiratório, ao estado neurológico, à secreção e à estabilidade cardiovascular (Dres et al., 2017; Bureau; van Hollebeke; Dres, 2023).

A falha do desmame pode ocorrer por incapacidade de gerar força, baixa resistência, excesso de carga ou combinação desses fatores. Pacientes que necessitam de ventilação prolongada tendem a apresentar maior perda de massa e desempenho muscular,

condição que se associa à dependência ventilatória e à recuperação funcional mais difícil (Fazzini et al., 2023; Dres et al., 2019). Por isso, a abordagem contemporânea do desmame deve ser multimodal, incorporando redução segura da sedação, mobilização precoce, prevenção de delirium, adequação nutricional, fisioterapia respiratória e fortalecimento muscular quando indicado.

2.2. Fraqueza Muscular Adquirida na UTI e Disfunção Diafragmática

A fraqueza adquirida na UTI é uma síndrome multifatorial que envolve perda de massa, redução da excitabilidade muscular, alterações microcirculatórias e comprometimento neuromuscular. A doença crítica produz catabolismo intenso e alterações na síntese e na degradação de proteínas, enquanto a imobilidade e a sedação reduzem o estímulo contrátil. Embora frequentemente discutida a partir da força periférica, a musculatura respiratória também é afetada e pode apresentar perda de força antes mesmo de sinais periféricos evidentes (Fazzini et al., 2023; Dres et al., 2017).

O diafragma é o principal músculo inspiratório e precisa gerar pressão suficiente para vencer a carga elástica e resistiva do sistema respiratório. Em pacientes críticos, ultrassonografia, espessura diafragmática, excursão, fração de espessamento e medidas de pressão podem ajudar a caracterizar sua função. Demoule et al. (2013) demonstraram que a disfunção diafragmática pode estar presente já na admissão à UTI e ter relevância prognóstica. Dres et al. (2017) também evidenciaram que a coexistência de fraqueza diafragmática e fraqueza de membros no momento da liberação ventilatória está relacionada a piores resultados.

O miotrauma diafragmático descreve a lesão decorrente de desequilíbrio entre carga e capacidade muscular. A ventilação mecânica prolongada pode produzir atrofia por desuso, enquanto esforços elevados podem gerar dano por sobrecarga. A preservação do diafragma, portanto, não depende apenas de aumentar a atividade, mas de ajustar cuidadosamente a assistência, acompanhar o esforço e introduzir exercícios com dose segura (Goligher et al., 2019; Zhang et al., 2023).

2.3. Fundamentos e Modalidades do Treinamento Muscular Inspiratório

O TMI consiste na realização de inspirações contra uma resistência externa. Nos dispositivos de carga limiar, a válvula permanece fechada até que o paciente produza determinada pressão; nos dispositivos resistivos, a resistência varia conforme fluxo e geometria do orifício. A carga limiar tende a fornecer um estímulo mais previsível, enquanto dispositivos eletrônicos podem registrar desempenho e ajustar a resistência. A escolha deve considerar disponibilidade, facilidade de higienização, conexão ao tubo ou traqueostomia e capacidade de monitoramento (Moodie; Reeve; Elkins, 2011; van Hollebeke; Gosselink; Langer, 2020).

A PImáx é frequentemente utilizada como referência para determinar a intensidade inicial. Protocolos encontrados na literatura iniciam entre 30% e 50% da PImáx, com progressão diária ou semanal conforme tolerância. O treinamento pode ser organizado em séries de incursões ou em períodos de tempo, com pausas para recuperação. O princípio da especificidade recomenda que a modalidade, o volume e a intensidade sejam compatíveis com o desfecho pretendido: força máxima, resistência à fadiga ou

capacidade de sustentar respiração espontânea (Cader et al., 2010; Condessa et al., 2013; van Hollebeke; Gosselink; Langer, 2020).

A progressão precisa ser individualizada. Aumentos de carga são contraindicados quando há taquipneia acentuada, dessaturação, instabilidade hemodinâmica, assincronia, sudorese, uso excessivo de musculatura acessória ou alteração do nível de consciência. O objetivo não é provocar exaustão, mas oferecer estímulo suficiente para adaptação sem comprometer a segurança do paciente ou o teste de respiração espontânea (Khodabandeloo et al., 2023; Bissett et al., 2023).

2.4. Avaliação da Força e da Função Respiratória

A PImáx representa a maior pressão negativa gerada durante uma inspiração máxima e é um marcador clínico de força inspiratória. A PEmáx, o volume corrente, o pico de fluxo e a complacência podem complementar a análise. O índice de respiração rápida e superficial, calculado pela frequência respiratória dividida pelo volume corrente em litros, é utilizado como marcador de padrão ventilatório e probabilidade de tolerar a respiração espontânea, embora sua interpretação seja dependente do contexto clínico (Cader et al., 2010; Condessa et al., 2013).

Além dessas medidas, a avaliação deve abranger nível de consciência, escala de sedação, força periférica, mobilidade, tosse, quantidade de secreções, dor, dispneia, padrão respiratório, necessidade de oxigênio e estabilidade cardiovascular. A ultrassonografia diafragmática pode acrescentar informações estruturais e funcionais, especialmente em pacientes com suspeita de disfunção. A abordagem integrada é preferível porque o

desmame não depende somente da força inspiratória, mas do equilíbrio entre capacidade muscular, carga respiratória e reserva sistêmica (Demoule et al., 2013; Bureau; van Hollebeke; Dres, 2023).

2.5. Fisioterapia Intensiva e Reabilitação Multimodal

O TMI não deve ser aplicado de forma isolada. A fisioterapia intensiva atua também na higiene brônquica, na expansão pulmonar quando indicada, no posicionamento, na mobilização precoce, na recuperação funcional, na redução do impacto da imobilidade e na educação do paciente. A integração entre exercícios respiratórios e mobilização pode ser especialmente importante porque a fraqueza global aumenta a demanda ventilatória e dificulta a recuperação da autonomia (Lippi et al., 2022; Worraphan et al., 2020).

A reabilitação deve respeitar a trajetória clínica do paciente. Em fases iniciais, priorizam-se estabilidade, prevenção de complicações e manutenção de mobilidade. Na fase de desmame, a ênfase pode incluir treinamento respiratório específico, coordenação com o teste de respiração espontânea e estratégias para reduzir ansiedade e dispneia. Após a extubação, o TMI pode contribuir para a recuperação da força, da qualidade de vida e da tolerância ao esforço, como observado por Bissett et al. (2016).

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento do Estudo

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa, caráter descritivo e finalidade exploratória. A revisão integrativa foi escolhida por permitir reunir resultados de diferentes delineamentos, incluindo ensaios clínicos, estudos observacionais,

revisões sistemáticas e metanálises, desde que apresentassem pertinência para a pergunta de pesquisa. A síntese foi organizada de forma narrativa e comparativa, com atenção à qualidade metodológica, à população, ao protocolo e aos desfechos.

3.2. Pergunta de Pesquisa e Estratégia PICO

A pergunta foi estruturada segundo o modelo PICO: população (P): adultos críticos internados em UTI, submetidos à VMI ou em processo de desmame; intervenção (I): TMI ou treinamento muscular respiratório com foco inspiratório; comparação (C): cuidado usual, fisioterapia convencional, carga sham, peça T ou diferentes protocolos de TMI; desfechos (O): PImáx, PEmáx, índice de respiração rápida e superficial, volume corrente, duração da VMI, tempo de desmame, sucesso de extubação, reintubação, mortalidade, dispneia, qualidade de vida e função.

3.3. Bases de Dados e Estratégia de Busca

A busca principal foi realizada na base PubMed em 8 de outubro de 2026, com recorte temporal de publicações de 2010 a 2026. Foram utilizados os termos em inglês “inspiratory muscle training”, “respiratory muscle training”, “mechanical ventilation”, “ventilator weaning”, “weaning”, “intensive care” e “critical illness”, combinados pelos operadores booleanos AND e OR na seguinte estratégia: (“inspiratory muscle training” OR “respiratory muscle training”) AND (“mechanical ventilation” OR “ventilator weaning” OR “weaning”) AND (“intensive care” OR “critical illness”). A busca retornou 85 registros. Também foram examinadas as referências de revisões e estudos centrais para localizar artigos diretamente relacionados que não foram recuperados pela estratégia adotada.

As bases SciELO, LILACS e Google Acadêmico foram consultadas apenas como fontes complementares de rastreamento, sem registro sistemático do número de resultados. Por esse motivo, a contagem apresentada no Fluxograma 1 refere-se à busca na PubMed e aos estudos acrescentados pelo rastreamento de referências, de modo que apenas essa etapa pode ser reproduzida integralmente.

3.4. Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos estudos publicados entre 2010 e 2026, em português, inglês ou espanhol, que abordassem adultos críticos submetidos à ventilação mecânica, ao desmame ou à reabilitação imediatamente relacionada à VMI e que avaliassem o TMI ou o treinamento muscular respiratório com componente inspiratório, por meio de ensaios clínicos, estudos observacionais com pacientes ou revisões sistemáticas, com ou sem metanálise. Foram priorizados estudos com descrição do protocolo e desfechos respiratórios ou clínicos.

Foram excluídos estudos exclusivamente pediátricos ou neonatais; estudos pré ou perioperatórios sem relação com terapia intensiva ou desmame; protocolos sem resultados; relatos e séries de casos; editoriais, cartas e comentários sem dados originais; inquéritos de prática, auditorias e estudos qualitativos; revisões narrativas e guias práticos; estudos fisiológicos ou metodológicos sem intervenção de treinamento; análises secundárias de ensaios já incluídos; estudos em que o treinamento muscular respiratório não era avaliado como intervenção específica; publicações em outros idiomas; e trabalhos sem desfecho relacionado à musculatura respiratória, à ventilação mecânica ou à recuperação funcional. Estudos pós-extubação foram mantidos quando contribuíam para compreender a recuperação da

fraqueza respiratória após a VMI. Revisões narrativas e estudos de fundamentação fisiopatológica localizados nas referências foram utilizados apenas no referencial teórico e na discussão, sem compor a amostra.

3.5. Seleção e Extração dos Dados

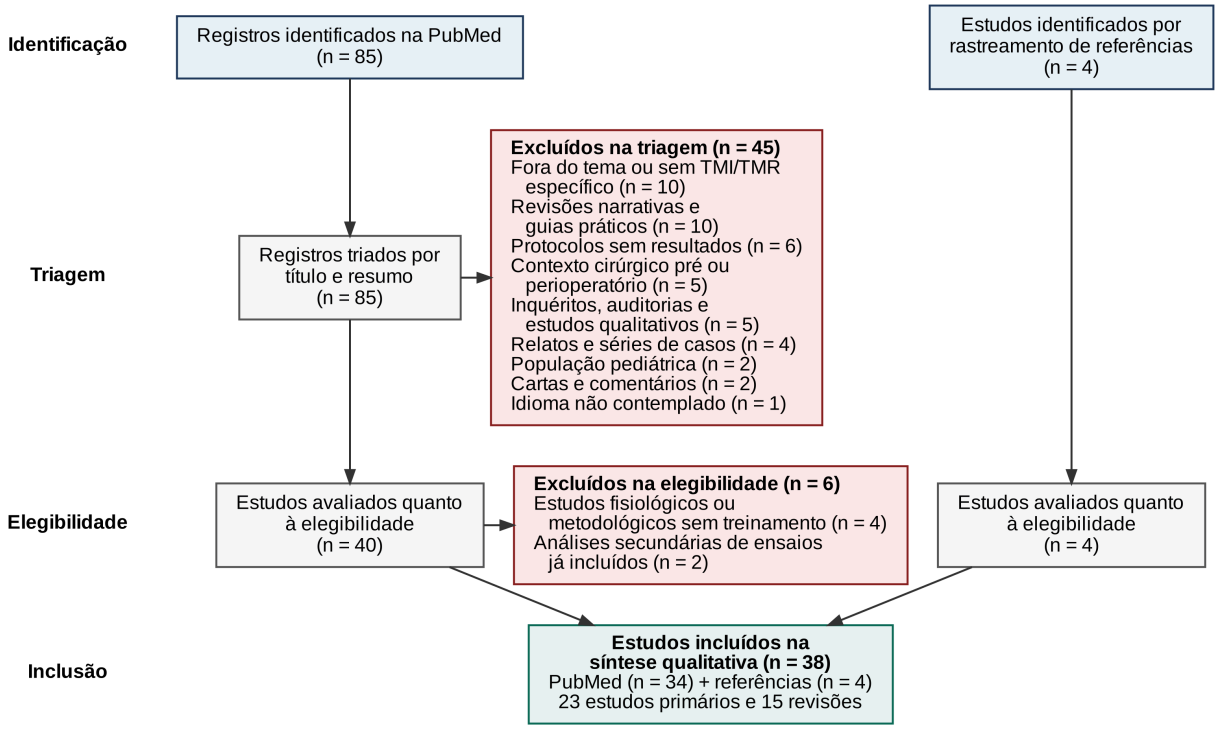
A seleção foi realizada em etapas: identificação, leitura de títulos e resumos, avaliação de elegibilidade por texto completo e conferência das referências cruzadas. Ao final, 38 estudos foram incluídos na síntese qualitativa. Para cada estudo, foram extraídos autores, ano, país ou contexto, delineamento, população, modalidade de TMI, carga, frequência, duração, comparador, desfechos e principais resultados. Quando a publicação era uma revisão, foram extraídos o número de estudos, o tamanho global da amostra quando disponível e a conclusão principal.

3.6. Avaliação Crítica e Síntese

A análise considerou a hierarquia relativa dos delineamentos, a existência de randomização, o tamanho amostral, o cegamento, a descrição do protocolo, a definição de desmame e a consistência dos desfechos. Os resultados foram agrupados em seis domínios: força muscular respiratória; padrão ventilatório; tempo de ventilação e desmame; sucesso da extubação; recuperação funcional, dispneia e qualidade de vida; e segurança e tolerabilidade. Não foi aplicada ferramenta padronizada de avaliação do risco de viés. Devido à heterogeneidade dos protocolos e à ausência de dados homogêneos para todos os estudos, não foi realizada nova metanálise.

A busca na PubMed identificou 85 registros. Na leitura de títulos e resumos, 45 foram excluídos. Dos 40 estudos avaliados quanto à elegibilidade, 6 foram excluídos, e 34 foram incluídos. O rastreamento de referências acrescentou 4 estudos, totalizando 38 estudos incluídos na síntese qualitativa, sendo 23 estudos primários e 15 revisões. As etapas e os motivos de exclusão estão apresentados no Fluxograma 1.

Fluxograma 1. Processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos



Fonte: Elaborado pela autora (2026), com base na busca realizada na PubMed em 8 de outubro de 2026 e no rastreamento de referências.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização dos Estudos Incluídos

A amostra final foi composta por 38 estudos publicados entre 2010 e 2026. A amostra reuniu 21 ensaios clínicos, 2 estudos observacionais e 15 revisões, com predominância de ensaios clínicos randomizados

e revisões sistemáticas e com maior concentração de estudos em pacientes com desmame difícil, ventilação prolongada ou traqueostomia. Os protocolos variaram em intensidade, frequência, número de incursões, tipo de dispositivo e momento de início, o que constitui uma fonte importante de heterogeneidade. As características de cada estudo incluído estão sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1. Artigos incluídos na revisão

Autor/ano	Delineamento	População/ amostra	Intervenção ou escopo	Principais achados
Cader et al. (2010)	Ensaio clínico randomizado	41 idosos intubados	Threshold; 30% da PImáx, 5 min, 2x/dia, progressão diária	Aumentou PImáx e reduziu o índice de Tobin; menor tempo de desmame em subgrupo.
Martin et al. (2011)	Ensaio clínico randomizado	Pacientes com falha de desmame	Treinamento de força inspiratória versus sham	Aumentou PImáx e melhorou o desfecho de desmame em pacientes selecionados.
Moodie, Reeve e Elkins (2011)	Revisão sistemática	Ensaios clínicos	TMI em pacientes em desmame	Encontrou aumento de força; apontou necessidade de estudos maiores.

Cader et al. (2012)	Ensaio clínico randomizado	28 idosos acamados intubados	Threshold; 30% da PImáx com aumento de 10%/dia, 5 min, 2x/dia	Aumentou PImáx e reduziu o índice de Tobin; sem diferença no sucesso da extubação.
Condessa et al. (2013)	Ensaio clínico randomizado	92 pacientes	Threshold; 40% da PImáx, 5x10 incursões, 2x/dia	Não reduziu significativamente o desmame; melhorou PImáx, PEmáx e volume corrente.
Elbouhy, AbdelHalim e Hashem (2014)	Ensaio clínico	Pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e desmame difícil	Treinamento de músculos respiratórios	Indicou possível benefício em força e desmame em população com DPOC.
Elkins e Dentice (2015)	Revisão sistemática	10 estudos; 394 participantes	TMI versus sham ou cuidado usual	Melhorou PImáx, índice de respiração rápida e superficial e sucesso do desmame; heterogeneidade alta.
Bissett et al. (2016)	Ensaio clínico randomizado	70 pacientes após desmame	TMI supervisionado por 2 semanas	Aumentou força inspiratória e qualidade de vida; reduziu

				dispneia em parte dos pacientes.
Dellweg et al. (2017)	Ensaio clínico randomizado	29 pacientes com DPOC hipercápnicos após o desmame	TMI por 4 semanas versus sham, associado à reabilitação	Aumentou PImáx, potência inspiratória e distância no teste de caminhada de seis minutos.
Tonella et al. (2017)	Ensaio clínico randomizado piloto	21 pacientes traqueostomizados	TMI eletrônico versus nebulização intermitente	TMI seguro; aumentou PImáx e reduziu o tempo total de desmame.
Vorona et al. (2018)	Revisão sistemática e metanálise	28 estudos; 1.185 pacientes	Reabilitação e TMI em adultos críticos	TMI viável e bem tolerado; melhora força inspiratória e expiratória.
Sandoval Moreno et al. (2019)	Ensaio clínico randomizado	126 pacientes ventilados ≥48 h	Threshold a 50% da PImáx, cuidado usual	Não reduziu tempo de desmame ou probabilidade de extubação.

Worraphan et al. (2020)	Revisão sistemática e metanálise em rede	Adultos críticos	TMI, mobilização e estratégias combinadas	Sugeriu benefício potencial, mas destacou variabilidade entre intervenções.
Abodonya et al. (2021)	Estudo clínico controlado piloto	42 pacientes pós-COVID-19 após desmame da VMI	TMI por 2 semanas versus controle	Melhorou função pulmonar, dispneia, qualidade de vida e capacidade funcional.
Guimarães et al. (2021)	Ensaio clínico randomizado	Pacientes com VMI prolongada	Dispositivo eletrônico resistivo; 30–50% da PImáx	Associou-se a ganho de força e melhores resultados de desmame.
Lippi et al. (2022)	Revisão sistemática e metanálise	Pacientes críticos ventilados	Intervenções fisioterapêuticas no desmame	Apoiou a integração de TMI e fisioterapia multimodal.
Roceto Ratti et al. (2022)	Ensaio clínico randomizado	104 traqueostomizados	TMI eletrônico versus peça T	Não encontrou diferença significativa em tempo ou sucesso do desmame.
Bissett et al. (2023)	Ensaio clínico randomizado IMPROVE	70 pacientes ventilados ≥7 dias	Threshold de alta intensidade versus	Melhorou qualidade de vida e dispneia, sem

			cuidado usual	diferença na duração da VMI.
Khodabandeloo et al. (2023)	Ensaio clínico randomizado	79 pacientes	Threshold; 50% da PImáx com progressão diária	Reduziu tempo de desmame e melhorou PImáx, índice de respiração rápida e complacência.
Benli et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado	Pacientes extubados após VMI >2 dias; 20 analisados	Threshold; 30% da PImáx, 4 séries de 6–8 incursões, 2x/dia, 5 dias	Melhorou PImáx, excursão e velocidade de contração diafragmática.
Kazemi, Froutan e Bagheri Moghadam (2024)	Ensaio clínico randomizado	70 pacientes em VMI	Dispositivo limiar inspiratório e expiratório, 2x/dia, 1 semana	Aumentou PImáx e sucesso da extubação (68,6% vs. 40%); sem diferença na duração da VMI.
Nickels et al. (2024)	Estudo observacional bicêntrico	40 pacientes em VMI prolongada	TMI eletrônico diário supervisionado	Viável (81% das sessões); eventos adversos menores em 10% e nenhum grave.
Patsaki et al. (2024)	Revisão sistemática	14 ensaios randomizad	TMI de baixa-média	Baixa-média intensidade reduziu o

	e metanálise	os; 895 pacientes	versus alta intensidade	tempo de desmame; sem efeito significativo sobre PImáx e duração da VMI.
Réginault et al. (2024)	Ensaio clínico multicêntrico randomizado	92 pacientes com desmame difícil	Protocolos de baixa, média e alta intensidade	Não demonstrou benefício uniforme entre as três modalidades.
Abdeen et al. (2025)	Ensaio clínico randomizado	90 pacientes em VMI por insuficiência respiratória aguda	Threshold versus ajuste da sensibilidade de disparo versus fisioterapia convencional	Threshold produziu maior ganho de força inspiratória e menos dias de desmame; proporção de desmamados semelhante.
Alonso-Pérez et al. (2025)	Revisão sistemática	7 ensaios randomizados; 517 participantes	TMI em VMI ≥48 h	Aumentou PImáx e reduziu o índice de respiração rápida e superficial, sem impacto no sucesso do desmame.
Benli et al. (2025)	Ensaio clínico randomizado piloto	20 pacientes pós-extubação	TMI por 5 dias associado à fisioterapia convencional	Aumentou PImáx, PEmáx e espessura de músculos abdominais.

Carabalí-Rivera et al. (2025)	Revisão de escopo	7 estudos	Parâmetros de prescrição do treinamento muscular respiratório em VMI	Protocolo mais frequente: carga limiar de 40–50% da PImáx, 2x/dia, 30 repetições; melhora da força inspiratória.
Chagas et al. (2025)	Revisão sistemática e metanálise	7 ensaios randomizados; 390 pacientes críticos crônicos	TMI versus cuidado usual ou sham	Aumentou PImáx frente ao cuidado usual, sem diferença frente ao sham; certeza muito baixa.
McCormack et al. (2025)	Revisão sistemática e metanálise	14 ensaios randomizados; 844 participantes	TMI com carga mensurável durante a VMI	Aumentou PImáx (6,9 cmH_2O) e reduziu o tempo de desmame (1,9 dia).
Van Hollebeke et al. (2025)	Ensaio clínico randomizado IMweanT	90 pacientes com desmame difícil	Alta intensidade 30–50% versus sham ≤10% da PImáx	Sucesso de desmame semelhante; ambos os grupos melhoraram PImáx.
Wang et al. (2025)	Ensaio clínico randomizado	Adultos críticos subagudos	TMI 2x/dia, 5 dias/semana, 3 semanas	Reduziu a duração da VMI e melhorou PImáx,

				PEmáx e pico de fluxo.
Andrade-Rebolledo, Villagra-Morales e Pérez (2026)	Revisão sistemática e metanálise	7 ensaios randomizados; 642 pacientes	TMI em VMI prolongada	Protocolos de maior intensidade melhoraram PImáx e, em alguns estudos, extubação e duração da VMI.
Farley et al. (2026)	Revisão sistemática e metanálise	18 ensaios randomizados; 901 participantes	TMI versus cuidado usual	Aumentou PImáx (6,7 cmH_2O) e reduziu o tempo de desmame; sem efeito sobre a função física.
Kindler et al. (2026)	Estudo observacional prospectivo	Adultos críticos traqueostomizados	Threshold; 30% da PImáx, 2 séries de 6 repetições/dia	Viável e seguro, com aumento da PImáx até a alta da UTI.
Meléndez-Oliva et al. (2026)	Revisão sistemática e metanálise em rede	18 ensaios randomizados; 1.137 pacientes	TMI de alta intensidade, isolado ou combinado à facilitação neuromuscular proprioceptiva	Maior ganho de PImáx com alta intensidade; efeito sobre o desmame interpretado com cautela.

Xueyi et al. (2026)	Revisão sistemática e metanálise em rede de componentes	23 ensaios randomizados	Modalidades de TMI e reabilitação física sistêmica	Combinação de reabilitação física e TMI teve melhor desempenho; nenhuma modalidade de TMI foi superior às demais.
Yang et al. (2026)	Revisão sistemática e metanálise	Adultos em VMI >48 h; 14 estudos para PImáx	Treinamento muscular respiratório	Aumentou PImáx e capacidade vital forçada e reduziu a duração da VMI em 0,88 dia.

Fonte: Elaborado pela autora (2026), a partir dos artigos selecionados.

4.2. Protocolos de Treinamento Muscular Inspiratório

Os protocolos identificados apresentaram ampla variação. Cader et al. (2010) utilizaram carga inicial de 30% da PImáx, cinco minutos duas vezes ao dia e progressão diária. Condessa et al. (2013) aplicaram 40% da PImáx em cinco séries de dez incursões, duas vezes ao dia. Sandoval Moreno et al. (2019) utilizaram carga de 50% da PImáx, enquanto Khodabandeloo et al. (2023) adotaram cinco séries de seis incursões com progressão diária. A comparação entre esses protocolos mostra que intensidade isolada não explica todos os resultados, pois duração, frequência, estado clínico e cuidado usual também interferem.

Nos estudos mais recentes, dispositivos eletrônicos permitiram ajustar a carga e registrar parâmetros de desempenho. Guimarães et al. (2021) observaram resultados favoráveis com carga progressiva e dispositivo resistivo eletrônico, enquanto Roceto Ratti et al. (2022) não demonstraram superioridade uniforme do TMI eletrônico em relação à respiração espontânea com peça T. Essa diferença indica que a tecnologia pode ampliar a mensuração, mas não substitui a seleção adequada do paciente e a prescrição individualizada. Os parâmetros dos protocolos identificados estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2. Protocolos de treinamento muscular inspiratório identificados

Estudo	Intensidade	Frequência /volume	Duração	Desfechos destacados
Cader et al. (2010)	30% da PImáx, progressão diária	5 min, 2 vezes/dia	Do início do desmame à extubação	Aumento da força e redução do índice de Tobin.
Cader et al. (2012)	30% da PImáx, aumento de 10%/dia	5 min, 2 vezes/dia	Do início do desmame à extubação	Aumento da PImáx e redução do índice de Tobin.
Condessa et al. (2013)	40% da PImáx	5 séries de 10 incursões, 2 vezes/dia	Até extubação, traqueostomia ou óbito	Força e volume corrente, sem redução significativa do desmame.
Bissett et al. (2016)	Carga progressiva	1 sessão diária, 5	2 semanas após	Força, dispneia e

	supervisionada	dias/semana	desmame	qualidade de vida.
Sandoval Moreno et al. (2019)	50% da PImáx	1 sessão diária	Até desmame	Sem benefício clínico significativo.
Guimarães et al. (2021)	30–50% da PImáx, progressão eletrônica	Séries de incursões	Até liberação ventilatória	Ganho de força e resultados de desmame favoráveis.
Roceto Ratti et al. (2022)	30% da PImáx; carga manual ou automática	30 incursões em 2 sessões diárias	Até desmame	Sem diferença significativa frente à peça T.
Bissett et al. (2023)	Carga limiar de alta intensidade	1 sessão diária	Até liberação ventilatória	Melhora de dispneia e qualidade de vida.
Khodabandeloo et al. (2023)	50% da PImáx, aumento diário de 10%	5 séries de 6 incursões	Até desmame	Redução do tempo de desmame e melhora de PImáx.
Benli et al. (2024)	30% da PImáx	4 séries de 6–8 incursões, 2 vezes/dia	5 dias após a extubação	Melhora da PImáx e da função diafragmática.
Réginault et al. (2024)	Baixa, média ou alta intensidade	2 sessões/dia	Até extubação ou 30 dias	Sem superioridade uniforme.
Van Hollebeke et al. (2025)	30–50% versus ≤10% da PImáx	1 sessão diária	Até 28 dias	Sucesso de desmame semelhante;

				melhora de PImáx nos grupos.
Wang et al. (2025)	TMI individualizado	2 vezes/dia, 5 dias/semana	3 semanas	Redução da duração da VMI.
Kindler et al. (2026)	30% da PImáx	2 séries de 6 repetições, 1 vez/dia	Durante a internação na UTI	Viabilidade, segurança e aumento da PImáx.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.3. Efeitos Sobre Força Muscular e Variáveis Respiratórias

O resultado mais consistente da literatura foi o aumento da força inspiratória, frequentemente avaliado pela PImáx. Cader et al. (2010) observaram diferença média de 7,6 cmH_2O a favor do TMI, enquanto Condessa et al. (2013) identificaram aumento de PImáx e PEmáx mesmo sem redução significativa do tempo de desmame. Na metanálise de Vorona et al. (2018), o TMI foi considerado viável e associado à melhora das forças inspiratória e expiratória. Esses resultados sustentam a existência de efeito fisiológico do treinamento, sobretudo quando há déficit basal e o paciente consegue participar ativamente. As metanálises mais recentes confirmam esse padrão, com ganho médio de PImáx de aproximadamente 7 cmH_2O (McCormack et al., 2025; Farley et al., 2026) e maior benefício com protocolos de alta intensidade (Meléndez-Oliva et al., 2026). Ainda assim, Patsaki et al. (2024) não identificaram aumento significativo da PImáx em nenhuma faixa de intensidade, e Chagas et al. (2025) não observaram diferença em relação ao sham em pacientes críticos crônicos.

O índice de respiração rápida e superficial apresentou comportamento menos uniforme. Cader et al. (2010) relataram redução mais expressiva no grupo treinado, e Khodabandeloo et al. (2023) demonstraram diminuição significativa após protocolo Threshold. Em contrapartida, Condessa et al. (2013) não observaram diferença significativa nesse índice, o que reforça a necessidade de interpretar esse marcador em conjunto com volume corrente, padrão respiratório e estabilidade clínica.

A melhora do volume corrente e da complacência pode refletir aumento da capacidade de gerar pressão, redução da fadiga ou melhora da coordenação ventilatória. Condessa et al. (2013) encontraram aumento de volume corrente, e Khodabandeloo et al. (2023) observaram melhora da complacência no grupo submetido ao TMI. Ainda assim, essas alterações não significam necessariamente menor tempo de ventilação, pois o desmame é influenciado por fatores extrapulmonares, como consciência, secreção, força de tosse, sepse, função cardíaca e integridade das vias aéreas. Após a extubação, o TMI também se associou à melhora da excursão e da velocidade de contração diafragmática (Benli et al., 2024) e ao aumento da PEmáx e da espessura de músculos abdominais (Benli et al., 2025).

4.4. Efeitos Sobre Desmame, Extubação e Duração da Ventilação

Os efeitos do TMI sobre o tempo de desmame foram divergentes. Cader et al. (2010), Khodabandeloo et al. (2023) e Wang et al. (2025) encontraram resultados favoráveis, enquanto Condessa et al. (2013), Sandoval Moreno et al. (2019), Roceto Ratti et al. (2022), Bissett et al. (2023) e Van Hollebeke et al. (2025) não demonstraram diferença estatisticamente significativa ou não observaram superioridade

consistente. A revisão de Andrade-Rebolledo, Villagra-Morales e Pérez (2026) sugere que protocolos de maior intensidade podem melhorar extubação e duração da VMI, mas ressalta a heterogeneidade dos estudos. Entre os estudos identificados na busca atualizada, Tonella et al. (2017) e Abdeen et al. (2025) observaram menor tempo de desmame, e Kazemi, Froutan e Bagheri Moghadam (2024) relataram maior sucesso da extubação, enquanto Cader et al. (2012) e Alonso-Pérez et al. (2025) não encontraram diferença no sucesso do desmame. Nas metanálises, a redução do tempo de desmame variou de cerca de 1,7 a 1,9 dia (Patsaki et al., 2024; McCormack et al., 2025; Farley et al., 2026), mas o efeito sobre a duração total da VMI foi pequeno ou impreciso (Chagas et al., 2025; Yang et al., 2026).

A divergência pode ser explicada pela seleção dos pacientes. O TMI parece mais promissor quando aplicado a indivíduos com fraqueza inspiratória documentada, ventilação prolongada e dificuldade real de desmame. Em pacientes que já apresentam força preservada ou que recebem um cuidado usual muito estruturado, o ganho adicional pode ser pequeno. O estudo IMweanT, por exemplo, encontrou sucesso de desmame semelhante entre alta intensidade e sham, embora ambos os grupos tenham melhorado a PImáx (van Hollebeke et al., 2025).

4.5. Recuperação Funcional, Dispneia e Qualidade de Vida

A recuperação após a liberação ventilatória não termina com a extubação. Bissett et al. (2016) demonstraram melhora da força inspiratória e da qualidade de vida após duas semanas de TMI em pacientes recentemente desmamados. No ensaio IMPROVE, Bissett et al. (2023) observaram melhora da qualidade de vida e redução da

dispneia mesmo sem aceleração da liberação ventilatória. Esses dados indicam que os benefícios do TMI podem ser percebidos em dimensões funcionais e sintomáticas, ainda que o efeito sobre tempo de ventilação não seja significativo. Resultados semelhantes foram descritos em pacientes com DPOC após o desmame, nos quais o TMI ampliou a distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos (Dellweg et al., 2017), e em pacientes pós-COVID-19, com melhora de função pulmonar, dispneia e qualidade de vida (Abodonya et al., 2021). Por outro lado, a metanálise de Farley et al. (2026) não identificou efeito do TMI sobre a função física, com base em poucos estudos.

A reabilitação deve incluir musculatura respiratória e periférica. A coexistência de fraqueza diafragmática e de membros está associada à pior evolução, e a perda muscular durante a doença crítica é rápida e clinicamente relevante (Dres et al., 2017; Dres et al., 2019; Fazzini et al., 2023). Por esse motivo, a incorporação do TMI em programa de mobilização e recuperação funcional é mais coerente do que sua utilização como técnica isolada.

4.6. Síntese dos Desfechos

O Quadro 3 reúne, para cada domínio de desfecho, a direção geral dos efeitos observados, os estudos que sustentam essa síntese e as implicações para a interpretação dos resultados.

Quadro 3. Síntese dos desfechos relacionados ao treinamento muscular inspiratório

Domínio	Direção geral	Síntese dos achados	Implicação

Força inspiratória (PImáx)	Efeito favorável relativamente consistente	Cader, Condessa, Martin, Vorona, Khodabandeloo, Wang, McCormack e Farley relataram melhora; estudos recentes mostram que o ganho pode ocorrer também no controle/sham.	Alta heterogeneidade de carga, momento e população.
PEmáx e volume corrente	Possível melhora	Condessa e Wang observaram melhora de parâmetros respiratórios; efeito depende do protocolo e do cuidado concomitante.	Poucos estudos mediram os mesmos desfechos.
Índice de respiração rápida e superficial	Resultado inconsistente, com tendência favorável em subgrupos	Cader e Khodabandeloo apresentaram melhora; Condessa não encontrou diferença significativa.	Marcador deve ser interpretado no contexto clínico.
Tempo de desmame/VMI	Evidência heterogênea	Cader, Khodabandeloo, Wang, Tonella, Abdeen, McCormack e Farley sugerem redução; Condessa, Sandoval Moreno, Roceto Ratti, Bissett e IMweanT não demonstraram superioridade uniforme.	Desfecho sujeito a fatores não musculares.
Sucesso da extubação	Inconclusivo	Alguns ensaios, como Kazemi, favorecem TMI, enquanto Roceto Ratti, IMweanT, Cader (2012) e Alonso-Pérez encontraram resultados semelhantes.	Definições de sucesso e tempo de acompanhamento variam.

Dispneia/qualidade de vida	Sinal favorável após desmame	Bissett (2016), IMPROVE, Dellweg e Abodonya relataram benefícios funcionais e sintomáticos; Farley não observou efeito sobre a função física.	Poucos estudos e amostras limitadas.
Segurança e tolerabilidade	Geralmente favorável em pacientes selecionados	Vorona, Nickels, Kindler e estudos com carga limiar indicam viabilidade quando há monitoramento.	Não extrapolar para pacientes instáveis ou não cooperativos.

Fonte: Elaborado pela autora (2026), a partir da síntese dos estudos incluídos.

5. DISCUSSÃO

5.1. Interpretação dos Achados Principais

A presente revisão indica que o TMI apresenta maior consistência como intervenção capaz de melhorar a força muscular inspiratória do que como estratégia capaz de reduzir, de forma universal, a duração da VMI. Esse padrão é coerente com a fisiologia do treinamento: a adaptação muscular é um efeito relativamente direto da sobrecarga, enquanto o desmame depende de uma cadeia de eventos clínicos que inclui resolução da doença, troca gasosa, carga pulmonar, função cardíaca, estado neurológico e proteção das vias aéreas. Portanto, a melhora da PImáx é um resultado importante, mas não deve ser usada isoladamente para afirmar sucesso clínico.

Os resultados positivos de Cader et al. (2010), Martin et al. (2011), Khodabandeloo et al. (2023) e Wang et al. (2025) contrastam com os achados neutros de Condessa et al. (2013), Sandoval Moreno et al.

(2019), Roceto Ratti et al. (2022) e Van Hollebeke et al. (2025). A diferença entre os estudos não deve ser resumida à afirmação de que um grupo “comprovou” e outro “refutou” o TMI. Em muitos casos, os estudos avaliaram populações diferentes, iniciaram o treinamento em momentos distintos, usaram cargas distintas e definiram de modo diferente o desmame, a extubação e a falha terapêutica.

A revisão de Elkins e Dentice (2015) encontrou melhora de PImáx, índice de respiração rápida e superficial e sucesso do desmame, mas destacou heterogeneidade. Vorona et al. (2018) confirmaram viabilidade e melhora de força, embora tenham considerado incerto o impacto sobre desfechos clínicos. Mais recentemente, Andrade-Rebolledo, Villagra-Morales e Pérez (2026) identificaram sinal de benefício com protocolos de maior intensidade, mas recomendaram padronização. A convergência entre essas revisões é que o TMI é promissor, porém a evidência ainda não sustenta uma prescrição única para todos os pacientes.

5.2. Intensidade, Progressão e Seleção do Paciente

A intensidade aparece como uma variável importante, mas não suficiente. Protocolos de 30% a 50% da PImáx podem produzir adaptação, enquanto cargas mais altas podem ser necessárias para estimular força em pacientes com fraqueza importante. Entretanto, a alta intensidade deve ser aplicada somente quando o paciente apresenta estabilidade, cooperação e capacidade de recuperar-se entre as séries. O ensaio IMweanT mostrou que alta intensidade não produziu maior sucesso de desmame do que o sham, embora ambos os grupos tenham melhorado a PImáx, sugerindo que a evolução espontânea e o cuidado usual podem ter papel expressivo

(van Hollebeke et al., 2025). Na revisão de escopo de Carabalí-Rivera et al. (2025), o protocolo mais utilizado foi a carga limiar de 40% a 50% da PImáx, duas vezes ao dia, com cerca de 30 repetições.

O perfil do paciente provavelmente modera a resposta. A intervenção tende a ser mais racional em pacientes com PImáx baixa, ventilação prolongada, dificuldade de desmame e capacidade de seguir comandos. Sedação profunda, delirium, instabilidade hemodinâmica, hipoxemia importante, broncoespasmo descompensado e doenças neuromusculares específicas exigem cautela ou adaptação. A seleção clínica descrita por Khodabandeloo et al. (2023) ilustra que a elegibilidade é parte essencial do protocolo, e não um detalhe secundário.

5.3. Relação Entre TMI, Proteção Diafragmática e Desmame

O TMI deve ser integrado a uma estratégia de proteção muscular. A ventilação com excesso de assistência pode reduzir a atividade diafragmática, enquanto a carga excessiva pode produzir miotrauma. Assim, o exercício não deve ser prescrito sem considerar o esforço do paciente durante a VMI e a carga imposta pelo sistema respiratório. Schreiber, Bertoni e Goligher (2018) e Goligher et al. (2019) defendem a necessidade de ajustar a ventilação e a mobilização para evitar lesão respiratória e periférica.

Do ponto de vista clínico, a sequência mais segura envolve identificar a causa da dependência ventilatória, avaliar prontidão, reduzir sedação quando apropriado, iniciar mobilização e mensurar a força inspiratória. O TMI pode ser iniciado quando o paciente está estável e cooperativo, com carga baixa ou moderada, progressão conforme resposta e interrupção diante de sinais de intolerância. A

equipe deve registrar a carga utilizada, o número de incursões completadas, os sinais vitais e a resposta pós-sessão.

5.4. Implicações para a Prática Fisioterapêutica

A principal implicação prática é que o fisioterapeuta deve utilizar o TMI como ferramenta de prescrição individualizada, e não como procedimento automático. A avaliação inicial deve incluir PImáx, padrão respiratório, volume corrente, índice de respiração rápida e superficial, tosse, secreção, força periférica, nível de consciência e estabilidade. A partir desses dados, o profissional pode definir se o objetivo é ganho de força, aumento de resistência, redução de dispneia ou preparação para o teste de respiração espontânea.

A documentação do protocolo é fundamental para melhorar a comparabilidade entre serviços. Devem ser registrados dispositivo, conexão, posição, carga absoluta e relativa, número de séries, tempo de recuperação, frequência semanal, critérios de progressão e critérios de interrupção. A ausência desses elementos é uma das limitações recorrentes dos estudos e reduz a possibilidade de replicar resultados. O uso de dispositivos eletrônicos pode facilitar o registro, mas a disponibilidade de recursos não deve impedir a aplicação de protocolos simples e monitorados com dispositivos limiar.

A fisioterapia também deve articular o TMI com mobilização precoce, treino funcional, posicionamento, controle de secreções, redução de barreiras à comunicação e educação após a extubação. Worraphan et al. (2020) e Lippi et al. (2022) reforçam que intervenções combinadas podem produzir efeitos mais amplos que uma técnica isolada, embora ainda sejam necessários estudos que

definam o melhor pacote de reabilitação. Na metanálise em rede de componentes de Xueyi et al. (2026), a combinação de reabilitação física sistêmica e TMI apresentou os melhores resultados para força muscular, PImáx e sucesso do desmame.

5.5. Segurança e Tolerabilidade

A literatura disponível sugere que o TMI é geralmente viável e bem tolerado em pacientes críticos selecionados. A revisão de Vorona et al. (2018) descreveu boa tolerabilidade, e o estudo de Khodabandeloo et al. (2023) mostrou que a intervenção foi executável quando foram usados critérios de estabilidade e interrupção. Todavia, a ausência de eventos adversos graves em ensaios clínicos não significa que o TMI seja seguro em qualquer condição. A equipe deve interromper a sessão diante de dessaturação, taquipneia importante, instabilidade cardiovascular, alteração de consciência, fadiga intensa, assincronia ou desconforto não controlado. Estudos observacionais recentes reforçam a viabilidade do TMI eletrônico e de carga limiar em pacientes com VMI prolongada ou traqueostomia, com eventos adversos apenas menores e transitórios (Nickels et al., 2024; Kindler et al., 2026).

A segurança depende também do dispositivo e da interface. Pacientes intubados ou traqueostomizados requerem conexão adequada, vigilância de pressão e prevenção de desconexão acidental. A higiene do equipamento e o controle de infecção devem seguir as normas institucionais. Em pacientes com baixa cooperação, é preferível priorizar estabilização e estratégias passivas ou assistidas, evitando transformar o TMI em fonte adicional de fadiga.

5.6. Limitações da Evidência e Desta Revisão

A evidência é limitada pela heterogeneidade dos protocolos, pela variação do cuidado usual, pelos diferentes momentos de início do treinamento, pelo tamanho amostral reduzido e pela dificuldade de cegar pacientes e terapeutas. Também existem diferenças na definição de “desmame difícil”, na duração da VMI exigida para inclusão e na definição de sucesso de extubação. Essas diferenças impedem a comparação direta de todos os resultados e podem explicar por que dois estudos com dispositivos semelhantes chegam a conclusões distintas (Réginault et al., 2024; van Hollebeke et al., 2025).

Quanto a esta revisão, a busca principal auditável foi realizada na PubMed, complementada por rastreamento de referências. A seleção foi qualitativa, não houve metanálise própria e não se aplicou ferramenta padronizada de avaliação do risco de viés. Além disso, poucos estudos relataram reintubação e mortalidade, o que impede conclusões sobre esses desfechos. Embora tenham sido incluídos artigos recentes, a literatura de 2025 e 2026 ainda apresenta estudos em diferentes fases de publicação e protocolos não padronizados. Recomenda-se que futuras pesquisas utilizem amostras multicêntricas, protocolos pré-registrados, desfechos padronizados, avaliação ultrassonográfica do diafragma, acompanhamento pós-alta e comparação entre intensidades com controle sham bem definido.

6. CONCLUSÃO

O treinamento muscular inspiratório é uma intervenção fisioterapêutica relevante no cuidado de adultos críticos submetidos

à ventilação mecânica, sobretudo por sua capacidade de aumentar a força inspiratória e melhorar marcadores fisiológicos como PImáx. Em pacientes selecionados, também pode favorecer a redução do índice de respiração rápida e superficial, o aumento do volume corrente, a melhora da complacência, a redução do tempo de desmame e a recuperação de dispneia e qualidade de vida.

Entretanto, os efeitos sobre duração da ventilação mecânica, sucesso da extubação não são uniformes, e os dados sobre reintubação e mortalidade ainda são escassos nos estudos incluídos. A evidência mais atual sugere que a resposta depende da intensidade, da progressão, da frequência, do dispositivo, do momento de início e, principalmente, do perfil clínico do paciente. Portanto, o TMI não deve substituir a avaliação de prontidão, o teste de respiração espontânea, o cuidado ventilatório protetor, a mobilização precoce ou a abordagem das causas não musculares de falha do desmame.

Recomenda-se que os serviços de fisioterapia intensiva adotem protocolos individualizados, com registro de PImáx, carga, volume, frequência, critérios de progressão, sinais de intolerância e desfechos clínicos. A padronização desses elementos poderá melhorar a comparação entre estudos e contribuir para que o TMI seja aplicado de maneira segura, racional e baseada em evidências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEEN, H. A. A. et al. Effects of threshold inspiratory muscle trainer versus trigger sensitivity adjustment versus conventional therapy on respiratory function in mechanically ventilated patients: a randomized controlled trial. **Respiratory Physiology &**

Neurobiology, v. 337, art. 104469, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resp.2025.104469.

ABODONYA, A. M. et al. Inspiratory muscle training for recovered COVID-19 patients after weaning from mechanical ventilation: a pilot control clinical study. **Medicine,** v. 100, n. 13, art. e25339, 2021. DOI: https://doi.org/10.1097/MD.0000000000025339.

ALONSO-PÉREZ, J. L. et al. Inspiratory muscle training and its impact on weaning success in mechanically ventilated ICU patients: a systematic review. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology,** v. 10, n. 2, art. 111, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/jfmk10020111.

ANDRADE-REBOLLEDO, F. A.; VILLAGRA-MORALES, G.; PÉREZ, L. A. Inspiratory muscle training in weaning from prolonged mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Medicine,** v. 12, art. 1719837, 2026. DOI: https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1719837.

BENLI, R. K. et al. Does inspiratory muscle training affect expiratory muscle thickness in respiratory intensive care patients? A pilot randomized controlled study. **Journal of Critical Care,** v. 89, art. 155125, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2025.155125.

BENLI, R. K. et al. 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, p. 1077–1085, 2024. DOI: https://doi.org/10.17219/acem/174815.

BISSETT, B. M. et al. Does mechanical threshold inspiratory muscle training promote recovery and improve outcomes in patients who are ventilator-dependent in the intensive care unit? The IMPROVE randomised trial. **Australian Critical Care,** v. 36, n. 4, p. 613–621, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aucc.2022.07.002.

BISSETT, B. M. et al. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. **Thorax,** v. 71, n. 9, p. 812–819, 2016. DOI: https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-208279.

BUREAU, C.; VAN HOLLEBEKE, M.; DRES, M. Managing respiratory muscle weakness during weaning from invasive ventilation. **European Respiratory Review,** v. 32, n. 168, art. 220205, 2023. DOI: https://doi.org/10.1183/16000617.0205-2022.

CADER, S. A. et al. Extubation process in bed-ridden elderly intensive care patients receiving inspiratory muscle training: a randomized clinical trial. **Clinical Interventions in Aging,** v. 7, p. 437–443, 2012. DOI: https://doi.org/10.2147/CIA.S36937.

CADER, S. A. et al. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomised trial. **Journal of Physiotherapy,** v. 56, n. 3, p. 171–177, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/S1836-9553(10)70022-9.

CARABALÍ-RIVERA, J. A. et al. Respiratory muscle training in mechanically ventilated adult patients: toward a precise prescription based on current evidence: a scoping review. **Journal of Clinical Medicine,** v. 14, n. 14, art. 5058, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/jcm14145058.

CHAGAS, G. R. D. et al. Inspiratory muscle training for chronic critically ill patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Einstein (São Paulo),** v. 23, art. eRW1134, 2025. DOI: https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2025RW1134.

CONDESSA, R. L. et al. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomised trial. **Journal of Physiotherapy,** v. 59, n. 2, p. 101–107, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70162-0.

DELLWEG, D. et al. Inspiratory muscle training during rehabilitation in successfully weaned hypercapnic patients with COPD. **Respiratory Medicine,** v. 123, p. 116–123, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.12.006.

DEMOULE, A. et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit: prevalence, risk factors, and prognostic impact – a prospective study. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,** v. 188, n. 2, p. 213–219, 2013. DOI: https://doi.org/10.1164/rccm.201209-1668OC.

DRES, M. et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,** v. 195, n. 1, p. 57–66, 2017. DOI: https://doi.org/10.1164/rccm.201602-0367OC.

DRES, M. et al. Respective contribution of intensive care unit-acquired limb muscle and severe diaphragm weakness on weaning outcome and mortality: a post hoc analysis of two cohorts. **Critical**

Care, v. 23, art. 370, 2019. DOI: https://doi.org/10.1186/s13054-019-2650-z.

ELBOUHY, M. S.; ABDELHALIM, H. A.; HASHEM, A. M. A. Effect of respiratory muscles training in weaning of mechanically ventilated COPD patients. **Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis,** v. 63, n. 3, p. 679–687, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2014.03.008.

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. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.016.

FARLEY, C. et al. The effects of inspiratory muscle training in critically ill adults: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Intensive Care Medicine,** v. 41, n. 4, p. 263–273, 2026. DOI: https://doi.org/10.1177/08850666251317473.

FAZZINI, B. et al. The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis. **Critical Care,** v. 27, n. 1, art. 2, 2023. DOI: https://doi.org/10.1186/s13054-022-04253-0.

GOLIGHER, E. C. 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. DOI: https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30366-7.

GUIMARÃES, B. da S. 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. DOI: https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004787.

KAZEMI, M.; FROUTAN, R.; BAGHERI MOGHADAM, A. Impact of inspiratory muscle training and positive expiratory pressure on lung function and extubation success of ICU patients: a randomized controlled trial. **Archives of Academic Emergency Medicine,** v. 12, n. 1, art. e59, 2024. DOI: https://doi.org/10.22037/aaem.v12i1.2331.

KHODABANDELOO, F. et al. 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, art. 44, 2023. DOI: https://doi.org/10.4103/jrms.jrms_757_22.

KINDLER, A. et al. Inspiratory muscle training in critically ill adults with a tracheostomy: a prospective, single-centre observational study. **Australian Critical Care,** v. 39, n. 4, art. 101612, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aucc.2026.101612.

LIPPI, L. et al. Efficacy of physiotherapy interventions on weaning in mechanically ventilated critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Medicine,** v. 9, art. 889218, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fmed.2022.889218.

MARTIN, A. D. et al. Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. **Critical Care,** v. 15, n. 2, art. R84, 2011. DOI: https://doi.org/10.1186/cc10081.

MCCORMACK, E. et al. What is the effect of measurable respiratory muscle training on respiratory muscle strength in mechanically

ventilated adults in intensive care units? A systematic review and meta-analysis. **Australian Critical Care,** v. 38, n. 6, art. 101418, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aucc.2025.101418.

MELÉNDEZ-OLIVA, E. et al. Efficacy of inspiratory muscle training on weaning success in mechanically ventilated ICU patients: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. **BMC Pulmonary Medicine,** v. 26, n. 1, art. 210, 2026. DOI: https://doi.org/10.1186/s12890-026-04220-3.

MOODIE, L.; REEVE, J.; ELKINS, M. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. **Journal of Physiotherapy,** v. 57, n. 4, p. 213–221, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/S1836-9553(11)70051-0.

NICKELS, M. 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. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aucc.2023.04.008.

PATSAKI, I. et al. Low-medium and high-intensity inspiratory muscle training in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. **Medicina,** v. 60, n. 6, art. 869, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/medicina60060869.

RÉGINAULT, T. et al. 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, v. 12, art. 28, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s40560-024-00741-3.

ROCETO RATTI, L. dos S. et al. Inspiratory muscle training strategies in tracheostomized critically ill individuals. **Respiratory Care,** v. 67, n. 8, p. 939–948, 2022. DOI: https://doi.org/10.4187/respcare.08733.

SANDOVAL MORENO, L. M. et al. 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,** v. 43, n. 2, p. 79–89, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.11.010.

SCHREIBER, A.; BERTONI, M.; GOLIGHER, E. C. Avoiding respiratory and peripheral muscle injury during mechanical ventilation: diaphragm-protective ventilation and early mobilization. **Critical Care Clinics,** v. 34, n. 3, p. 357–381, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ccc.2018.03.005.

SUPINSKI, G. S. et al. Diaphragm dysfunction in critical illness. **Chest,** v. 153, n. 4, p. 1040–1051, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.08.1157.

TONELLA, R. M. 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. DOI: https://doi.org/10.14740/jocmr3169w.

VAN HOLLEBEKE, M. et al. Similar weaning success rate with high-intensity and sham inspiratory muscle training: a randomized controlled trial (IMweanT). **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,** v. 211, n. 3, p. 381–390, 2025. DOI: https://doi.org/10.1164/rccm.202405-1042OC.

VAN HOLLEBEKE, M.; GOSSELINK, R.; LANGER, D. Training specificity of inspiratory muscle training methods: a randomized trial. **Frontiers in Physiology,** v. 11, art. 576595, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2020.576595.

VORONA, S. et al. Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults: a systematic review and meta-analysis. **Annals of the American Thoracic Society,** v. 15, n. 6, p. 735–744, 2018. DOI: https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201712-961OC.

WANG, S.-J. et al. Inspiratory muscle training facilitates liberation from mechanical ventilation in subacute critically ill patients: a randomized controlled trial. **Frontiers in Medicine,** v. 11, art. 1503678, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1503678.

WORRAPHAN, S. et al. Effects of inspiratory muscle training and early mobilization on weaning of mechanical ventilation: a systematic review and network meta-analysis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,** v. 101, n. 11, p. 2002–2014, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.07.004.

XUEYI, L. et al. Comparative effectiveness of inspiratory muscle training approaches within intensive care unit-acquired weakness prevention and rehabilitation strategies: a systematic review and component network meta-analysis. **BMC Pulmonary Medicine,** v. 26, n. 1, art. 382, 2026. DOI: https://doi.org/10.1186/s12890-026-04433-6.

YANG, H. et al. The effect of respiratory training on lung function in intensive care unit patients: a systematic review and meta-analysis. **BMC Pulmonary Medicine,** v. 26, n. 1, art. 83, 2026. DOI: https://doi.org/10.1186/s12890-026-04122-4.

ZHANG, J. et al. Research progress on the pathogenesis and treatment of ventilator-induced diaphragm dysfunction. **Heliyon,** v. 9, n. 11, art. e22317, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22317.