

Reabilitação fisioterapêutica do paciente crítico após ventilação mecânica prolongada: do desmame à recuperação funcional

Physiotherapy rehabilitation of the critically ill patient after prolonged mechanical ventilation: from weaning to functional recovery

Ana Lidia Lima Ferreira¹
Vitória Duarte Lenhardt²
Raí da Silva Lopes³

RESUMO

A ventilação mecânica prolongada associa-se à disfunção diafragmática, à fraqueza adquirida na unidade de terapia intensiva e a prejuízos funcionais que persistem após a alta. Esta revisão narrativa discute o papel da fisioterapia ao longo de toda a trajetória do paciente crítico ventilado — do desmame à recuperação funcional —, com base em literatura científica real e verificável, sintetizada em tabelas e gráficos descritivos. O treinamento muscular inspiratório demonstrou benefícios sobre o sucesso de desmame em pacientes com desmame difícil ou falha de desmame; a mobilização precoce mostrou resultados positivos em ensaios menores, mas neutros nos grandes estudos multicêntricos, o que sugere que a dose deve ser titulada, e não maximizada; a eletromiostimulação neuromuscular destacou-se na prevenção da fraqueza adquirida; e os programas estruturados de reabilitação pós-UTI associaram-se a maiores taxas de desmame, decanulação e sobrevida. Conclui-se que a fisioterapia estrutura um continuum de cuidado que ultrapassa a retirada do ventilador, sendo essencial para a recuperação funcional e a qualidade de vida do sobrevivente da doença crítica.

¹ Acadêmica do curso de Fisioterapia do Centro Universitário Aparício Carvalho – FIMCA. E-mail: analidia03323@gmail.com

² Acadêmica do curso de Fisioterapia do Centro Universitário Aparício Carvalho – FIMCA. E-mail: vitorialenhardt16@gmail.com

³ Docente e Coordenador do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Aparício Carvalho – FIMCA. E-mail: rai.lopes@fimca.com.br; ORCID: 0009-0004-0972-626X

Palavras-chave: Respiração Artificial; Desmame do Respirador; Reabilitação; Modalidades de Fisioterapia; Unidades de Terapia Intensiva.

ABSTRACT

Prolonged mechanical ventilation is associated with diaphragmatic dysfunction, intensive care unit-acquired weakness and functional impairments that persist after discharge. This narrative review discusses the role of physiotherapy throughout the trajectory of the critically ill ventilated patient — from weaning to functional recovery — based on real, verifiable scientific literature, summarized in tables and descriptive charts. Inspiratory muscle training has shown benefits for weaning success in patients with difficult or failed weaning; early mobilization showed positive results in smaller trials but neutral results in large multicenter studies, suggesting that dose should be titrated rather than maximized; neuromuscular electrical stimulation stood out in preventing acquired weakness; and structured post-ICU rehabilitation programs were associated with higher weaning, decannulation and survival rates. Physiotherapy structures a continuum of care that goes beyond ventilator liberation and is essential for functional recovery and quality of life of critical illness survivors.

Keywords: Artificial respiration; Ventilator weaning; Rehabilitation; Physical therapy modalities; Intensive care units.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) é um dos suportes vitais mais utilizados nas unidades de terapia intensiva (UTI). Quando prolongada — classicamente definida como ≥ 21 dias consecutivos de ventilação por pelo menos 6 horas ao dia¹ —, impõe ao paciente uma cascata de consequências: atrofia e disfunção do diafragma^{2,3}, fraqueza muscular generalizada⁴, delirium, perda de mobilidade e dependência funcional. O processo de retirada do ventilador, o desmame, é classificado em simples, difícil e prolongado, conforme o número de tentativas e o tempo necessários para a liberação⁵, e constitui apenas a primeira etapa de uma recuperação muito mais longa.

O sobrevivente da doença crítica frequentemente carrega sequelas físicas, cognitivas e psicológicas que receberam o nome de síndrome pós-unidade de terapia intensiva (*post-intensive care syndrome* — *PICS*)⁶. Nesse contexto, a fisioterapia deixou de ser vista como um cuidado acessório para assumir papel

central: é a intervenção que atua sobre a causa muscular e funcional da dependência ventilatória e da incapacidade, do primeiro dia de UTI até meses após a alta hospitalar.

O objetivo desta revisão narrativa é discutir, de forma integrada e com base em literatura científica verificável, a reabilitação fisioterapêutica do paciente crítico submetido à ventilação mecânica prolongada, percorrendo o continuum que vai do desmame à recuperação funcional: as consequências da ventilação prolongada, o processo de desmame e extubação, as principais estratégias de intervenção e as implicações práticas para o fisioterapeuta. O processo de busca e seleção dos estudos é descrito na seção de Metodologia; todas as referências citadas são reais e verificáveis pelos identificadores DOI/PMID informados.

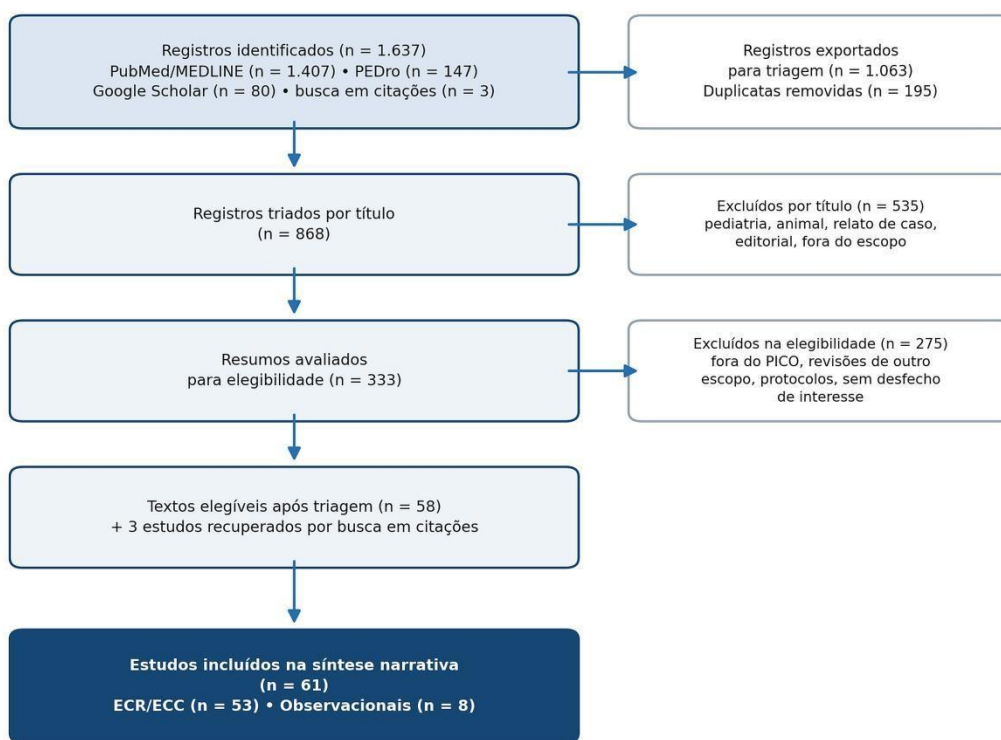
2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, conduzida a partir de um processo de busca estruturado e documentado. As buscas foram executadas em 08/08/2026 nas bases PubMed/MEDLINE e PEDro, com busca complementar no Google Scholar e recuperação manual de estudos clássicos por busca em citações. Utilizaram-se combinações de descritores relacionados à ventilação mecânica prolongada e ao desmame ventilatório, às intervenções fisioterapêuticas (treinamento muscular inspiratório, mobilização precoce, exercício, eletromiostimulação neuromuscular) e aos desfechos de interesse (sucesso de desmame e extubação, força muscular, funcionalidade, permanência em UTI e qualidade de vida).

Foram elegíveis estudos com adultos (≥ 18 anos) criticamente enfermos, internados em UTI e submetidos à ventilação mecânica invasiva — com ênfase em ventilação prolongada ou desmame difícil/prolongado —, que avaliaram intervenções fisioterapêuticas de reabilitação. Priorizaram-se ensaios clínicos randomizados e ensaios clínicos controlados, admitindo-se coortes e estudos do tipo antes-depois para desfechos específicos, além de diretrizes e revisões de referência para contextualização. Consideraram-se publicações em português,

inglês e espanhol, com prioridade para o período de 2016 a 2026, sem exclusão de estudos clássicos anteriores.

A seleção seguiu etapas de triagem por título, leitura de resumos e avaliação de elegibilidade, conforme o organograma da Figura 1: dos 1.637 registros identificados, 61 estudos primários foram incluídos na síntese (53 ensaios clínicos e 8 estudos observacionais). A análise consistiu na leitura integral dos estudos incluídos, com extração de dados em matriz padronizada (desenho, amostra, intervenção, comparador e resultados) e síntese qualitativa narrativa, apresentada nas tabelas e gráficos da seção de Resultados.



ECR = ensaio clínico randomizado; ECC = ensaio clínico controlado. Buscas executadas em 08/08/2026.

Figura 1. Organograma do processo de busca, triagem e seleção dos estudos incluídos na revisão.

3. AS CONSEQUÊNCIAS DA VENTILAÇÃO MECÂNICA PROLONGADA

3.1 Disfunção diafragmática

O diafragma é o primeiro músculo a sofrer com a ventilação controlada. Estudos com ultrassonografia seriada mostraram que a espessura diafragmática se reduz precocemente durante a VM e que a magnitude dessa perda se relaciona ao nível de assistência ventilatória: quanto maior a substituição do esforço pelo ventilador, maior a atrofia². A fraqueza diafragmática associada à doença crítica, por sua vez, vincula-se a desfechos piores, incluindo falha de desmame e maior mortalidade³. Esse conhecimento transformou o diafragma em alvo terapêutico: não basta retirar o tubo, é preciso restaurar a bomba ventilatória.

3.2 Fraqueza adquirida na UTI (ICU-AW)

A fraqueza adquirida na UTI — resultante da polineuropatia e da miopatia da doença crítica — é outra complicação central, associada à imobilidade, à sedação profunda e à gravidade da doença⁴. Seu diagnóstico clínico baseia-se na avaliação da força em seis grupos musculares bilaterais pela escala do Medical Research Council (MRC-SS), com escore abaixo de 48/60 definindo a condição⁷. A ICU-AW prolonga a ventilação, dificulta o desmame, aumenta o tempo de permanência e compromete a independência funcional por meses ou anos. Em pacientes com falha de desmame, a magnitude da perda é impressionante: queda objetiva da função contrátil do quadríceps e baixíssima capacidade de ativação muscular voluntária durante o exercício foram documentadas em unidades de desmame⁸.

3.3 O impacto sobre o desmame e a extubação

A consequência prática dessa dupla fraqueza — diafragmática e periférica — é direta: o paciente com músculos respiratórios fracos têm menos reserva para sustentar a respiração espontânea, e o paciente funcionalmente debilitado tem menos capacidade de tosse, de proteção de vias aéreas e de participação ativa no próprio processo. A falha de extubação, com necessidade de reintubação, associa-se a piores desfechos e é, em parte, prevenível: a organização do cuidado com fisioterapia protocolizada reduziu tanto as intubações quanto às falhas de extubação⁹, e o treinamento muscular inspiratório elevou o sucesso de extubação de 40% para 68,6% em um ensaio com pacientes ventilados¹⁰.

3.4 Síndrome pós-UTI

Mesmo após a alta, o paciente não está “curado”: o domínio físico da qualidade de vida é o mais afetado em sobreviventes de doença crítica prolongada¹¹, e a capacidade de exercício pode permanecer reduzida um ano depois¹². A PICS resume esse conjunto de sequelas e reforça que o desfecho relevante não é apenas a sobrevida, mas a recuperação funcional⁶.

4. O DESMAME E A EXTUBAÇÃO

O desmame é um processo, não um evento. Diretrizes internacionais recomendam protocolos de liberação ventilatória, minimização da sedação e reabilitação como componentes integrados^{13,14,15}. Na prática, o sucesso depende do equilíbrio entre a carga imposta ao sistema respiratório e a capacidade da bomba muscular — exatamente o ponto sobre o qual a fisioterapia atua.

A força muscular inspiratória, medida pela pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}), é um dos determinantes desse equilíbrio, e a ultrassonografia diafragmática (excursão e fração de espessamento) tornou-se ferramenta de monitorização à beira do leito, usada tanto para avaliar quanto para guiar o treinamento^{16,17}. Além dos parâmetros respiratórios, o status funcional mostrou-se preditor de desmame: em pacientes com ventilação prolongada, escore de mobilidade (DEMMI) ≥ 20 após reabilitação associou-se a mais que o triplo de chance de sucesso de desmame (OR 3,514)¹⁸, e a melhora das atividades básicas de vida diária associou-se a permanecer livre do ventilador e à sobrevida¹⁹. Em outras palavras: apresenta melhor evolução no desmame quem possui melhor condição funcional — e a função é treinável.

4.1 A avaliação fisioterapêutica como base do cuidado

Nenhuma estratégia de reabilitação é segura ou eficaz sem avaliação estruturada. A literatura revisada utilizou um conjunto consistente de instrumentos que o fisioterapeuta pode adotar à beira do leito: a pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) e a pressão expiratória máxima para a força muscular respiratória^{20,21}; a

ultrassonografia diafragmática, com medidas de excursão e fração de espessamento, para a função do diafragma^{16,22}; o MRC-SS (0–60) para a força periférica e o diagnóstico de ICU-AW^{7,23}; a dinamometria de preensão como medida simples e prognóstica de força^{24,25}; as escalas de mobilidade IMS e FSS-ICU para o nível funcional na UTI^{26,27}; e os índices de Barthel, Katz, DEMMI, SPPB e o teste de caminhada de 6 minutos para a independência e a capacidade de exercício nas fases intermediária e tardia^{28,18,29}. O índice de respiração rápida e superficial (IRFS) complementa a avaliação de prontidão para o desmame²⁸. Mais do que medir desfechos, esses instrumentos orientam a prescrição: identificam o paciente fraco que se beneficiará do TMI, o sedado que precisa de NMES e o paciente funcionalmente pronto para progredir na mobilização.

5. RESULTADOS

Das buscas realizadas nas bases consultadas, 61 estudos primários — em sua maioria ensaios clínicos randomizados, além de coortes prospectivas e retrospectivas e estudos do tipo antes-depois — foram selecionados para leitura integral e síntese qualitativa. As Tabelas 1 a 3 resumem os 27 estudos considerados mais relevantes para os objetivos desta revisão, organizados por tema: treinamento muscular inspiratório e fisioterapia respiratória (Tabela 1), mobilização precoce e exercício (Tabela 2) e eletromiostimulação, prevenção da fraqueza adquirida, organização do cuidado e reabilitação pós-UTI (Tabela 3). Dois padrões centrais emergem dessa síntese e são ilustrados nos Gráficos 1 e 2.

Tabela 1. Estudos sobre treinamento muscular inspiratório e fisioterapia respiratória no desmame ventilatório.

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
Guimarães et al., 2021 ³⁰	ECR (n=101)	TMI com dispositivo eletrônico vs. controle	Maior sucesso de desmame (74,8% vs. 44,5%; p=0,001); maior PImáx; maior sobrevida
Martin et al., 2011 ²¹	ECR (n=69)	TMI threshold vs. sham	Maior sucesso de desmame (71% vs. 47%; p=0,039; NNT=4); maior PImáx

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
Condessa et al., 2013 ²⁰	ECR (n=92)	TMI threshold (40% da PImáx) vs. controle	Maior PImáx (+10 cmH ₂ O; IC95% 5–15); desmame 8 h mais curto (não significativo)
Sandoval Moreno et al., 2019 ³¹	ECR duplo-cego (n=126)	Treinamento muscular respiratório (50% da PImáx) vs. cuidado padrão	Sem diferença no tempo de desmame (HR 0,82; IC95% 0,55–1,20)
Bissett et al., 2023 (IMPROVE) ³²	ECR (n=70)	TMI diário de alta intensidade + cuidado usual vs. cuidado usual	Sem diferença em força; melhor qualidade de vida (EQ-5D 17,2; IC95% 1,3–33,0); menos dispneia
Dellweg et al., 2017 ²⁹	ECR sham-controlado (n=29)	TMI adicionado à reabilitação vs. sham	Maior distância na caminhada de 6 min (p=0,04 entre grupos); maior PImáx (p=0,001)
Kazemi et al., 2024 ¹⁰	ECR (n=70)	TMI/PEP threshold + fisioterapia torácica vs. controle	Maior sucesso de extubação (68,6% vs. 40%; p=0,01); maior PImáx
Liu et al., 2025 ¹⁷	ECR (n=100)	Treinamento muscular sequencial guiado por ultrassonografia vs. controle	Maior sucesso de desmame (58,3% vs. 43,8%); maior excursão e espessamento diafragmáticos
Abodonya et al.	Estudo	TMI por 2 semanas	Melhores FVC, VEF1,

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
al., 2021 ³³	clínico controlado (n=42)	vs. controle	teste de caminhada de 6 min e qualidade de vida; menos dispneia (p<0,05)

Nota: ECR = ensaio clínico randomizado; FVC = capacidade vital forçada; HR = hazard ratio; IC95% = intervalo de confiança de 95%; NNT = número necessário para tratar; PEP = pressão expiratória positiva; PImáx = pressão inspiratória máxima; TMI = treinamento muscular inspiratório; VEF1 = volume expiratório forçado no primeiro segundo.

Tabela 2. Estudos sobre mobilização precoce, exercício e treinamento resistido no paciente crítico.

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
Schweickert et al., 2009 ³⁴	ECR (n=104)	Interrupção diária de sedação + fisioterapia/terapia ocupacional precoces vs. cuidado usual	Maior independência funcional na alta (59% vs. 35%; p=0,02); menos delirium
Schaller et al., 2016 ³⁵	ECR (n=200)	Mobilização precoce dirigida por metas (equipe dedicada) vs. cuidado usual	Melhor mobilidade funcional; menor permanência na UTI
Zhang et al., 2024 ³⁶	ECR (n=132)	Mobilização precoce de alta intensidade vs. cuidado usual	Maior índice de Barthel (90,6 vs. 77,7; p=0,005); menor ICU-AW e delirium
TEAM Study	ECR	Mobilização ativa	Sem diferença em

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
Investigators, 2022 ³⁷	multicêntrico (n=750)	precoce aumentada vs. cuidado usual	dias vivos fora da UTI; mais eventos adversos (9,2% vs. 4,1%; p=0,005)
Fossat et al., 2018 ³⁸	ECR (n=314)	Cicloergômetro em leito + NMES de quadríceps + reabilitação vs. reabilitação isolada	Sem diferença em força (escala MRC) nem função global
Morris et al., 2016 ²⁴	ECR (n=300)	Reabilitação padronizada diária vs. cuidado usual	Sem diferença na permanência hospitalar; melhor SPPB aos 6 meses (+1,1; p=0,04)
Wu et al., 2025 ²⁵	ECR fatorial 2x2 (n=266)	Treinamento resistido ± suplementação (HMB) vs. cuidado usual	Melhor SPPB (+1,32; p=0,003); maior distância na caminhada de 6 min (+56,2 m); menor mortalidade em 6 e 12 meses
Yang et al., 2010 ²⁸	Coorte prospectiva (n=126; 55 tratados)	Fisioterapia vs. sem fisioterapia	Maior sucesso de desmame (58,2% vs. 40,9%); maior índice de Barthel

Nota: ECR = ensaio clínico randomizado; HMB = hidroximetilbutirato; IC95% = intervalo de confiança de 95%; ICU-AW = fraqueza adquirida na UTI; MRC = Medical Research Council; NMES = eletromiostimulação neuromuscular; SPPB = Short Physical Performance Battery.

Tabela 3. Estudos sobre eletromiostimulação, prevenção da fraqueza adquirida na UTI, organização do cuidado e reabilitação pós-UTI.

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
Othman et al., 2024 ²³	ECR de 4 braços (n=124)	NMES, exercícios de ADM ou combinado vs. controle	Menor ICU-AW (0% combinado, 13% NMES, 60% ADM vs. 100% controle); maior escala MRC
Zakeri et al., 2024 ³⁹	ECR de 3 braços (n=45)	Exercícios de ADM ou massagem vs. controle	Menor ICU-AW (0% ADM, 20% massagem vs. 100% controle)
Zhou et al., 2022 (EMAS) ⁴⁰	ECR de 3 braços (n=150)	Mobilização precoce progressiva + nutrição precoce vs. controle	Menor ICU-AW (2% vs. 16%; p=0,014); maior índice de Barthel
Campos et al., 2022 ²⁷	ECR (n=139)	Mobilização precoce + NMES vs. mobilização precoce isolada	Maior FSS-ICU na alta da UTI (28 vs. 18; p=0,004); menor ICU-AW e menor permanência hospitalar
Wang et al., 2026 ⁴¹	ECR de 3 braços	NMES ou mobilização precoce vs. controle	Menor ICU-AW (NMES: OR 0,07; mobilização: OR 0,10); maior força de preensão
Hanekom et al.,	Estudo	Fisioterapia	Menos intubações

Estudo	Desenho (n)	Intervenção vs. comparador	Principais resultados
2012 ⁹	controlado pragmático (n=193 admissões)	exclusivo com cuidado baseado em protocolo vs. cuidado usual	(RR 0,16) e falhas de extubação (RR 0,23); alta 4 dias mais precoce
Vitacca et al., 2016 ⁴²	ECR (n=48)	Fisioterapia domiciliar supervisionada por 6 meses vs. cuidado usual	Maior taxa de decanulação (83% vs. 14%; p=0,01); maior PImáx; melhor qualidade de vida
Keng et al., 2021 ¹⁸	Coorte retrospectiva (n=320)	Reabilitação pulmonar protocolizada em unidade de cuidados prolongados	Sucesso de desmame de 71,6%; sobrevida na alta de 89,1%; status funcional associado ao sucesso (OR 3,51)
Biazon et al., 2025 (MobilizaÇÃO) ⁴³	Coorte antes-depois (n=1.047)	Programa multiprofissional de mobilização precoce	Menor tempo de VM (8 vs. 4 dias), permanência na UTI (14 vs. 7 dias) e mortalidade hospitalar (46% vs. 26%; p<0,001)
Petersson et al., 2026 ¹¹	Estudo retrospectivo (n=30)	Reabilitação multiprofissional especializada pós-UTI	Desmame em 12/13 pacientes ventilados; decanulação em 23/25; melhores CPAx e Katz (p<0,001)

Nota: ADM = amplitude de movimento; CPaX = Chelsea Critical Care Physical Assessment Tool; ECR = ensaio clínico randomizado; FSS-ICU = Functional Status Score for the ICU; ICU-AW = fraqueza adquirida na UTI; MRC = Medical Research Council; NMES = eletromiostimulação neuromuscular; OR = odds ratio; PImáx = pressão inspiratória máxima; RR = risco relativo; UTI = unidade de terapia intensiva; VM = ventilação mecânica.

O primeiro padrão refere-se ao desmame: estudos que aplicaram treinamento muscular inspiratório ou fisioterapia estruturada em pacientes com desmame difícil ou falha de extubação relataram, de forma consistente, maiores taxas de sucesso em comparação aos respectivos controles, com diferenças absolutas de aproximadamente 15 a 30 pontos percentuais^{30,21,10,17,28} (Gráfico 1).

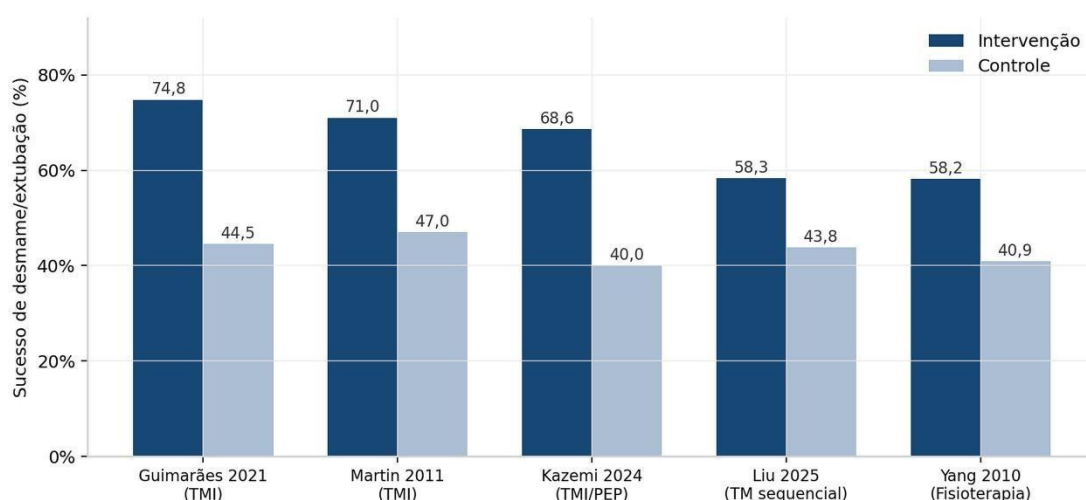


Gráfico 1. Taxas de sucesso de desmame/extubação nos grupos de intervenção e controle de cinco estudos. TMI = treinamento muscular inspiratório; PEP = pressão expiratória positiva; TM = treinamento muscular.

O segundo padrão refere-se à prevenção da fraqueza adquirida na UTI: intervenções ativas iniciadas precocemente — mobilização progressiva, exercícios de amplitude de movimento e eletromiostimulação neuromuscular, isoladas ou combinadas — reduziram de maneira consistente a incidência de ICU-AW nos braços intervencionados^{23,39,40} (Gráfico 2).

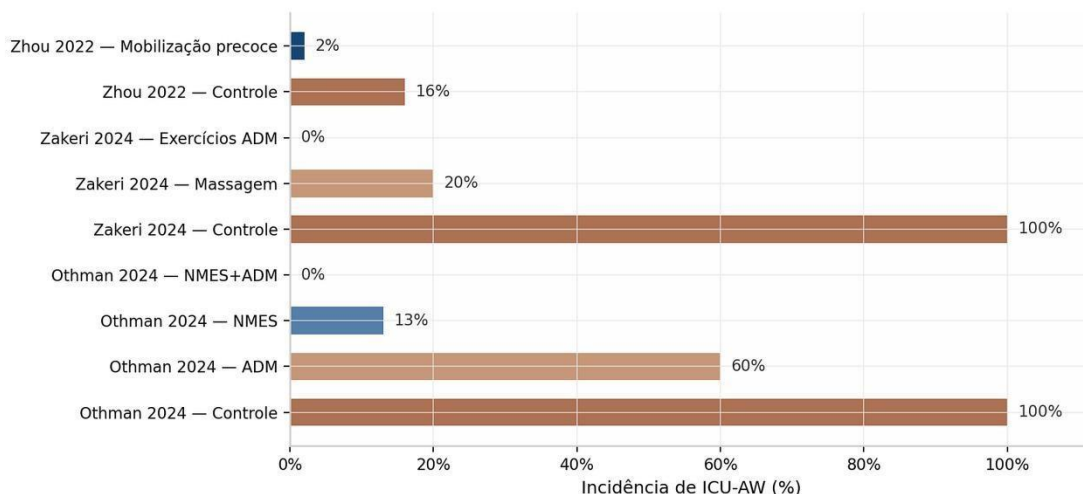


Gráfico 2. Incidência de fraqueza adquirida na UTI (ICU-AW) por braço de estudo em três ensaios clínicos randomizados. ADM = amplitude de movimento; NMES = eletromiostimulação neuromuscular.

Convém ressaltar que os valores apresentados nos gráficos não são diretamente comparáveis entre si, pois provêm de estudos com populações, intervenções e definições de desfecho distintas. Trata-se de uma síntese descritiva da evidência, e não de metanálise — em consonância com a natureza narrativa desta revisão.

6. AS ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA

6.1 Treinamento muscular inspiratório (TMI)

O TMI é a modalidade com evidência mais consistente para o paciente em desmame difícil. Em traqueostomizados em desmame prolongado, o treinamento com dispositivo eletrônico de carga resistiva elevou o sucesso de desmame de 44,5% para 74,8% ($p=0,001$), com ganho expressivo de $PI_{m\acute{a}x}$ (70,5 vs 48,0 cmH_2O) e maior sobrevida³⁰. Em pacientes com falha de desmame e mais de 40 dias de ventilação, o treinamento com threshold na maior carga tolerada resultou em desmame de 71% contra 47% do grupo sham — número necessário para tratar de apenas 4²¹. O ganho de força inspiratória é consistente entre os ensaios, da ordem de +10 cmH_2O em relação ao controle²⁰.

O efeito, porém, depende da população: em pacientes ventilados não selecionados, o TMI não encurtou o tempo de desmame^{31,44}. Isso sugere um raciocínio clínico simples: quanto maior a fraqueza inspiratória de base, maior o benefício do treino. Os benefícios extrapolam o período ventilatório — melhor capacidade de caminhada em pacientes desmamados com DPOC²⁹, melhor função pulmonar, dispneia e qualidade de vida após a extubação³³ e melhor qualidade de vida mesmo quando a força não aumenta³². A dose ideal ainda não está definida: a comparação direta entre protocolos de baixa, alta e intensidade mista não mostrou superioridade de nenhum deles⁴⁵, e o sucesso de extubação também já foi favorecido pelo treinamento (68,6% vs 40%)¹⁰.

6.2 Mobilização precoce e exercício

A mobilização precoce é talvez a intervenção mais estudada — e a que reserva a maior lição. O ensaio clássico de Schweickert et al. mostrou que associar a interrupção diária da sedação à fisioterapia e terapia ocupacional precoces levou 59% dos pacientes à independência funcional na alta, contra 35% do controle (OR 2,7), com menos delirium e mais dias livres de ventilador³⁴. Programas dirigidos por metas funcionais melhoraram a mobilidade e reduziram a permanência na UTI³⁵, e estudos mais recentes relataram melhora de independência (Barthel 90,6 vs 77,7), menor fraqueza adquirida e até menor comprometimento cognitivo em um ano^{36,40,46}.

Entretanto, os grandes ensaios multicêntricos foram neutros. O TEAM, com 750 pacientes em 49 UTIs, não reduziu os dias vivos fora do hospital com a mobilização aumentada (143 vs 145 dias; $p=0,62$) e ainda registrou mais eventos adversos no grupo intervenção (9,2% vs 4,1%)³⁷. Outros dois grandes ensaios não mostraram ganho de força na alta nem redução de permanência hospitalar^{38,24}. A interpretação mais equilibrada é a de que “mais” não é necessariamente “melhor”: a mobilização deve ser precoce, dirigida por metas e titulada à condição do paciente — não simplesmente maximizada. Os critérios internacionais de segurança para mobilização de pacientes ventilados⁴⁷ ajudam nessa titulação.

6.3 Eletromiostimulação neuromuscular (NMES) e outras adjuvâncias

Quando o paciente ainda não colabora — sedado ou muito debilitado —, a NMES permite ativar a musculatura periférica. Os resultados sobre a prevenção da ICU-AW são consistentes: incidência de 0% nos braços que combinaram exercício e NMES contra 100% no controle em um ensaio de quatro braços, com melhor escore de força no sétimo dia²³; redução de mais de 90% da chance de fraqueza em outro⁴¹; e preservação da função quando combinada à mobilização²⁷. Como tratamento da fraqueza já instalada, os resultados são menos convincentes⁴⁸ — o papel da NMES parece ser, sobretudo, preventivo.

Outras tecnologias têm espaço crescente: a estimulação diafragmática transcutânea iniciada nas primeiras 24 horas de intubação preservou a função do diafragma e encurtou a ventilação (6,3 vs 9,2 dias)²², embora aplicada mais tarde, durante o desmame, não tenha mostrado efeito⁴⁹ — reforçando a importância da janela de intervenção. Mobilização robótica e realidade virtual ampliam a dose de atividade realizada e melhoraram a incapacidade e qualidade de vida em estudos piloto^{50,51}, mas ainda sem superioridade clínica comprovada sobre a mobilização convencional⁵².

6.4 Reabilitação após a alta da UTI

A trajetória não termina na porta da UTI. Em centros de desmame e reabilitação, programas multiprofissionais estruturados associaram-se a taxas de desmame de 71,6%¹⁸, a maior chance de liberação ventilatória com fisioterapia (58,2% vs 40,9%)²⁸ e, em sobreviventes de COVID-19 crítico com internações prolongadas, a desmame em 12 de 13 pacientes ventilados por traqueostomia e sobrevida de 90% em um ano¹¹. A fisioterapia domiciliar supervisionada por cuidador, mantida por seis meses após a alta, aumentou a força inspiratória, a taxa de decanulação (83% vs 14%) e a qualidade de vida⁴².

No nível organizacional, a implementação de um programa multiprofissional de mobilização precoce em uma UTI brasileira associou-se à redução do tempo de

ventilação (8 vs 4 dias), da mortalidade hospitalar (46% vs 26%) e ao aumento do desmame bem-sucedido (42% vs 55%)⁴³. A reabilitação pulmonar, entendida como intervenção multiprofissional e continuada⁵³, é o modelo que melhor acomoda essa fase do cuidado.

6.5 Exercício resistido, treinamento funcional e modalidades complementares

Além da mobilização global, o exercício resistido merece destaque. Um ensaio fatorial multicêntrico mostrou que o treinamento resistido iniciado na UTI melhorou o desempenho físico (SPPB +1,32; $p=0,003$), a caminhada de 6 minutos (+56,2 m; $p<0,001$) e a força de preensão (+3,19 kg), e associou-se à menor mortalidade em seis meses (OR 0,51)²⁵ — achado que, se confirmado, dá ao exercício resistido um papel que ultrapassa a função. Mesmo intervenções simples mostraram valor: exercícios de amplitude de movimento aplicados por sete dias preveniram a perda de força (ganho de 0,53–0,63 kg contra perda no controle)⁵⁴ e reduziram a incidência de ICU-AW de 100% para 0% em um ensaio com pacientes com COVID-19³⁹. A cicloergometria no leito, por sua vez, foi segura, mas não encurtou a ventilação de forma significativa (21,0 vs 24,4 dias; $p=0,915$)⁵⁵. A reabilitação precoce progressiva também reduziu o delirium (28% vs 52%; $p<0,001$) e as complicações⁵⁶, desfecho cada vez mais reconhecido como parte da recuperação do paciente crítico.

6.6 Segurança das intervenções

O conjunto da literatura indica que a fisioterapia no paciente ventilado é segura quando conduzida com monitorização. Os eventos adversos foram raros: um evento grave em 498 sessões no ensaio clássico de mobilização precoce³⁴; seis eventos, todos reversíveis, em 629 sessões de TMI⁴⁵; 0,6% de eventos sem consequências no treinamento combinado de endurance e resistência⁵⁷; e nenhum evento atribuído à ciclometria⁵⁵. A exceção importante foi o TEAM, em que a mobilização em dose aumentada se associou a mais eventos adversos (9,2% vs 4,1%; $p=0,005$), incluindo eventos graves (7 vs 1)³⁷. A leitura prática é direta:

intervir cedo, mas dentro dos critérios de segurança estabelecidos⁴⁷, com atenção especial à estabilidade hemodinâmica e respiratória de cada sessão.

6.7 A organização do cuidado faz diferença

Os resultados não dependem apenas da técnica, mas de como o cuidado é organizado. A disponibilização de um fisioterapeuta exclusivo, com cuidado baseado em protocolo, associou-se a menos intubações (RR 0,16; IC95% 0,07–0,71), menos falhas de extubação (RR 0,23; IC95% 0,05–0,98) e alta quatro dias mais precoce⁹. Programas multiprofissionais estruturados de mobilização, como a experiência brasileira do MobilizaÇÃO, reproduziram esses achados em escala, com redução da mortalidade e do tempo de permanência⁴³. Isso coloca a fisioterapia no centro da organização da UTI — não como visita episódica, mas como componente estrutural do processo de cuidado.

7.DO DESMAME À RECUPERAÇÃO FUNCIONAL: IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA FISIOTERAPÊUTICA

A principal mensagem da literatura é que desmame e recuperação funcional não são fases separadas, mas um continuum. Para o fisioterapeuta, derivam-se orientações práticas diretas: (i) começar cedo, mas com dose titulada por metas funcionais e critérios de segurança^{47,37}; (ii) prescrever TMI com cargas a partir de 30–50% da PImáx para pacientes com desmame difícil, falha de desmame ou traqueostomia, populações em que o benefício foi demonstrado^{21,30}; (iii) usar NMES como prevenção da fraqueza nos pacientes que ainda não colaboram^{23,41}; (iv) monitorar a função com instrumentos simples e validados — MRC-SS para força, IMS e FSS-ICU para mobilidade, Barthel e DEMMI para independência — lembrando que o status funcional prediz o desmame^{18,19}; (v) avaliar o diafragma por ultrassonografia quando disponível¹⁶; e (vi) planejar a continuidade após a alta, porque os ganhos obtidos na UTI se perdem sem reabilitação estruturada^{42,12}. Integrar sedação mínima, nutrição e mobilização em protocolos multiprofissionais potencializa todos esses efeitos^{15,43}.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reabilitação fisioterapêutica do paciente crítico após ventilação mecânica prolongada não é um conjunto de técnicas isoladas, mas um continuum de cuidado que começa antes da primeira tentativa de desmame e se estende para muito além da alta. A evidência disponível sustenta o treinamento muscular inspiratório nos pacientes mais comprometidos, a mobilização precoce titulada por metas, a eletromiostimulação como prevenção da fraqueza adquirida e a reabilitação estruturada após a UTI. Persistem lacunas importantes: a definição de ventilação prolongada varia entre estudos, a dose ideal de mobilização segue indefinida e os desfechos de longo prazo raramente são padronizados — problema que iniciativas recentes de padronização de desfechos buscam resolver⁵⁸. Ainda assim, a direção é clara: o fisioterapeuta é protagonista na transformação do sobrevivente da UTI em uma pessoa funcionalmente recuperada.

9. LIMITAÇÕES DESTA REVISÃO

Por se tratar de uma revisão narrativa, sem protocolo sistemático registrado, há risco de viés de seleção dos estudos, e a síntese não envolveu análise estatística quantitativa. Ainda assim, optou-se por citar preferencialmente ensaios clínicos randomizados, diretrizes internacionais e revisões reconhecidas, todos verificáveis pelos identificadores DOI/PMID, de modo a preservar a confiabilidade das afirmações aqui feitas.

REFERÊNCIAS

1. MacIntyre NR, Epstein SK, Carson S, Scheinhorn D, Christopher K, Muldoon S, et al. Management of patients requiring prolonged mechanical ventilation: report of a NAMDRG consensus conference. *Chest*. 2005;128(6):3937-54. doi: 10.1378/chest.128.6.3937. PMID: 16354866.
2. Goligher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al. Evolution of Diaphragm Thickness during Mechanical Ventilation. Impact of Inspiratory Effort. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2015;192(9):1080-8. doi: 10.1164/rccm.201503-0620OC. PMID: 26167730.

3. Dres M, Goligher EC, Heunks LMA, Brochard LJ. Critical illness-associated diaphragm weakness. *Intensive Care Medicine*. 2017;43(10):1441-1452. doi: 10.1007/s00134-017-4928-4. PMID: 28917004.
4. Latronico N, Bolton CF. Critical illness polyneuropathy and myopathy: a major cause of muscle weakness and paralysis. *The Lancet. Neurology*. 2011;10(10):931-41. doi: 10.1016/S1474-4422(11)70178-8. PMID: 21939902.
5. Boles J, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *The European Respiratory Journal*. 2007;29(5):1033-56. doi: 10.1183/09031936.00010206. PMID: 17470624.
6. Needham DM, Davidson J, Cohen H, Hopkins RO, Weinert C, Wunsch H, et al. Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit: report from a stakeholders' conference. *Critical Care Medicine*. 2012;40(2):502-9. doi: 10.1097/CCM.0b013e318232da75. PMID: 21946660.
7. Stevens RD, Marshall SA, Cornblath DR, Hoke A, Needham DM, Jonghe Bd, et al. A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Critical Care Medicine*. 2009;37(10 Suppl):S299-308. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181b6ef67. PMID: 20046114.
8. Supinski GS, Valentine EN, Netzel PF, Schroder EA, Wang L, Callahan LA. Does Standard Physical Therapy Increase Quadriceps Strength in Chronically Ventilated Patients? A Pilot Study. *Critical Care Medicine*. 2020;48(11):15951603. doi: 10.1097/CCM.0000000000004544. PMID: 32826429.
9. Hanekom SD, Louw Q, Coetzee A. The way in which a physiotherapy service is structured can improve patient outcome from a surgical intensive care: a controlled clinical trial. *Critical Care*. 2012;16(6):R230. doi: 10.1186/cc11894. PMID: 23232109.
10. Kazemi M, Froutan R, Moghadam AB. 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*. 2024;12(1):e59. doi: 10.22037/aaem.v12i1.2331. PMID: 39290772.
11. Petersson J, Bergström L, Cedborg A, Uusijärvi J, Kristiansson M, Weitzberg E, et al. Outcomes after specialized rehabilitation for patients with critical COVID19 and prolonged intensive care unit stays. *European Clinical Respiratory Journal*. 2026;13(1):2632490. doi: 10.1080/20018525.2026.2632490. PMID: 41788886.
12. Amundadóttir OR, Jonasdóttir RJ, Sigvaldason K, Gunnsteinsdóttir E, Haraldsdóttir B, Sveinsson T, et al. Effects of intensive upright mobilisation on outcomes of mechanically ventilated patients in the intensive care unit: a randomised controlled trial with 12-months follow-up. *European Journal of Physiotherapy*. 2021;23(2):68-78. doi: 10.1080/21679169.2019.1645880.

13. Girard TD, Alhazzani W, Kress JP, Ouellette DR, Schmidt GA, Truitt JD, et al. An Official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline: Liberation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults. Rehabilitation Protocols, Ventilator Liberation Protocols, and Cuff Leak Tests. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2017;195(1):120-133. doi: 10.1164/rccm.201610-2075ST. PMID: 27762595.
14. Ouellette DR, Patel S, Girard TD, Morris PE, Schmidt GA, Truitt JD, et al. Liberation From Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults: An Official American College of Chest Physicians/American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: Inspiratory Pressure Augmentation During Spontaneous Breathing Trials, Protocols Minimizing Sedation, and Noninvasive Ventilation Immediately After Extubation. *Chest*. 2017;151(1):166-180. doi: 10.1016/j.chest.2016.10.036. PMID: 27818331.
15. Devlin JW, Skrobik Y, Gélinas C, Needham DM, Slooter AJC, Pandharipande PP, et al. Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Management of Pain, Agitation/Sedation, Delirium, Immobility, and Sleep Disruption in Adult Patients in the ICU. *Critical Care Medicine*. 2018;46(9):e825-e873. doi: 10.1097/CCM.0000000000003299. PMID: 30113379.
16. Dong Z, Liu Y, Gai Y, Meng P, Lin H, Zhao Y, et al. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation: a randomised control study. *Bmc Pulmonary Medicine*. 2021;21(1):106. doi: 10.1186/s12890-021-01461-2. PMID: 33781259.
17. Liu H, Su Q, Zhu L. Diaphragm ultrasound monitoring and sequential muscle training for weaning elderly COPD patients from mechanical ventilation. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin Und Notfallmedizin*. 2025;120(Suppl 1):57-63. doi: 10.1007/s00063-025-01270-z. PMID: 40266317.
18. Keng L, Liang S, Tseng C, Wen Y, Tsou P, Chang C, et al. Functional Status After Pulmonary Rehabilitation as a Predictor of Weaning Success and Survival in Patients Requiring Prolonged Mechanical Ventilation. *Frontiers in Medicine*. 2021;8. doi: 10.3389/fmed.2021.675103. PMID: 34150808.
19. Clini EM, Crisafulli E, Antoni FD, Beneventi C, Trianni L, Costi S, et al. Functional recovery following physical training in tracheotomized and chronically ventilated patients. *Respiratory Care*. 2011;56(3):306-13. doi: 10.4187/respcare.00956. PMID: 21235844.
20. Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR. 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*. 2013;59(2):101-7. doi: 10.1016/S1836-9553(13)70162-0. PMID: 23663795.

21. Martin AD, Smith BK, Davenport PD, Harman E, Gonzalez-Rothi RJ, Baz M, et al. Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. *Critical Care*. 2011;15(2):R84. doi: 10.1186/cc10081. PMID: 21385346.
22. Júnior HO, Camilo GB, Marques JA, Xavier RS, Santos CE, Lopes AJ, et al. Effects of transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation in critically ill elderly patients: a randomized controlled trial. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2024;40(12):2754-2763. doi: 10.1080/09593985.2023.2289053. PMID: 38044840.
23. Othman SY, Elbiaa MA, Mansour ER, El-Menshawy AM, Elsayed SM. Effect of neuromuscular electrical stimulation and early physical activity on ICU-acquired weakness in mechanically ventilated patients: A randomized controlled trial. *Nursing in Critical Care*. 2024;29(3):584-596. doi: 10.1111/nicc.13010. PMID: 37984373.
24. Morris PE, Berry MJ, Files DC, Thompson JC, Hauser J, Flores L, et al. Standardized Rehabilitation and Hospital Length of Stay Among Patients With Acute Respiratory Failure: A Randomized Clinical Trial. *Jama*. 2016;315(24):2694-702. doi: 10.1001/jama.2016.7201. PMID: 27367766.
25. Wu T, Wei Y, Xiong J, Wu J, Lin X, Zhuang Y, et al. Resistance training and β -hydroxy- β -methylbutyrate for functional recovery in critical illness: a multicenter 2 $\times$ 2 factorial randomized trial. *Critical Care*. 2025;29(1):438. doi: 10.1186/s13054-025-05660-9. PMID: 41102810.
26. Hodgson CL, Bailey M, Bellomo R, Berney S, Buhr H, Denehy L, et al. A Binational Multicenter Pilot Feasibility Randomized Controlled Trial of Early Goal-Directed Mobilization in the ICU. *Critical Care Medicine*. 2016;44(6):114552. doi: 10.1097/CCM.0000000000001643. PMID: 26968024.
27. Campos DR, Bueno TBC, Jackeline S G G Anjos, Zoppi D, Dantas BG, Gosselink R, et al. Early Neuromuscular Electrical Stimulation in Addition to Early Mobilization Improves Functional Status and Decreases Hospitalization Days of Critically Ill Patients. *Critical Care Medicine*. 2022;50(7):1116-1126. doi: 10.1097/CCM.0000000000005557. PMID: 35412472.
28. Yang P, Wang C, Wang Y, Yang C, Hung J, Hwang J, et al. Outcome of physical therapy intervention on ventilator weaning and functional status. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. 2010;26(7):366-72. doi: 10.1016/S1607-551X(10)70060-7. PMID: 20638039.
29. Dellweg D, Reissig K, Hoehn E, Siemon K, Haidl P. Inspiratory muscle training during rehabilitation in successfully weaned hypercapnic patients with COPD. *Respiratory Medicine*. 2017;123. doi: 10.1016/j.rmed.2016.12.006. PMID: 28137487.

30. Guimarães BdS, Souza LCd, Cordeiro HF, Regis TL, Leite CA, Puga FP, et al. Inspiratory Muscle Training With an Electronic Resistive Loading Device Improves Prolonged Weaning Outcomes in a Randomized Controlled Trial.

Critical Care Medicine. 2021;49(4):589-597. doi: 10.1097/CCM.0000000000004787. PMID: 33332819.

31. Moreno LMS, Quiroga ICC, Luna ECW, García AF. Efficacy of respiratory muscle training in weaning of mechanical ventilation in patients with mechanical ventilation for 48hours or more: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Medicina Intensiva*. 2019;43(2):79-89. doi: 10.1016/j.medin.2017.11.010. PMID: 29398169.

32. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Green M, Marzano V, Erwin K, 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 : Official Journal of the Confederation of Australian Critical Care Nurses*. 2023;36(4):613-621. doi: 10.1016/j.aucc.2022.07.002. PMID: 36041982.

33. Abodonya AM, Abdelbasset WK, Awad EA, Elalfy IE, Salem HA, Elsayed SH. Inspiratory muscle training for recovered COVID-19 patients after weaning from mechanical ventilation: A pilot control clinical study. *Medicine*. 2021;100(13):e25339. doi: 10.1097/MD.00000000000025339. PMID: 33787632.

34. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009;373(9678):1874-82. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60658-9. PMID: 19446324.

35. Schaller SJ, Anstey M, Blobner M, Edrich T, Grabitz SD, Gradwohl-Matis I, et al. Early, goal-directed mobilisation in the surgical intensive care unit: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388(10052):1377-1388. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31637-3. PMID: 27707496.

36. Zhang C, Wang X, Mi J, Zhang Z, Luo X, Gan R. Effects of the High-Intensity Early Mobilization on Long-Term Functional Status of Patients with Mechanical Ventilation in the Intensive Care Unit. *Critical Care Research and Practice*. 2024;2024. doi: 10.1155/2024/4118896. PMID: 38560481.

37. TEAM Study Investigators and the ANZICS Clinical Trials Group, Hodgson CL, Bailey M, Bellomo R, Brickell K, Broadley T. Early Active Mobilization during Mechanical Ventilation in the ICU. *The New England Journal of Medicine*. 2022;387(19):1747-1758. doi: 10.1056/NEJMoa2209083. PMID: 36286256.

38. Fossat G, Baudin F, Courtes L, Bobet S, Dupont A, Bretagnol A, et al. Effect of In-Bed Leg Cycling and Electrical Stimulation of the Quadriceps on Global Muscle Strength in Critically Ill Adults: A Randomized Clinical Trial. *Jama*. 2018;320(4):368-378. doi: 10.1001/jama.2018.9592. PMID: 30043066.

39. Zakeri MA, Aziz AR, Rahiminezhad E, Dehghan M. Effectiveness of massage and range of motion exercises on muscle strength and intensive care unit-acquired weakness in Iranian patients with COVID-19: a randomized parallel-controlled trial. *Acute and Critical Care*. 2024;39(1):78-90. doi: 10.4266/acc.2023.00416. PMID: 38148038.
40. Zhou W, Yu L, Fan Y, Shi B, Wang X, Chen T, et al. Effect of early mobilization combined with early nutrition on acquired weakness in critically ill patients (EMAS): A dual-center, randomized controlled trial. *Plos One*. 2022;17(5):e0268599. doi: 10.1371/journal.pone.0268599. PMID: 35617287.
41. Wang J, Huang L, Lan C, Deng N, Hu H, Hu Y, et al. The Effect of Early Neuromuscular Electrical Stimulation and Early Mobilization on Preventing the Intensive Care Unit-Acquired Weakness in Lung Cancer Resection Patients: A Randomized Controlled Trial. *Technology in Cancer Research & Treatment*. 2026;25. doi: 10.1177/15330338261452889. PMID: 42139552.
42. Vitacca M, Barbano L, Vanoglio F, Luisa A, Bernocchi P, Giordano A, et al. Does 6-Month Home Caregiver-Supervised Physiotherapy Improve PostCritical Care Outcomes?: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2016;95(8):571-9. doi: 10.1097/PHM.0000000000000441. PMID: 26829083.
43. Biazon TMPC, Pott Jr H, Caruso FCR, Bonjorno Jr JC, Castello-Simões V, Lazzarini MTB, et al. Effect of Early Multiprofessional Mobilization on Quality Indicators of Intensive Care in a Less Economically Developed Country: An Action on "Rehabilitation 2030" in Brazil. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2025;106(1):51-60. doi: 10.1016/j.apmr.2024.08.010. PMID: 39222873.
44. Lígia Dos Santos Roceto Ratti, Tonella RM, Luciana Castilho de Figueir do, Saad IAB, Falcão ALE, Pedro Paulo Martins de Oliveira. Inspiratory Muscle Training Strategies in Tracheostomized Critically Ill Individuals. *Respiratory Care*. 2022;67(8):939-948. doi: 10.4187/respcare.08733. PMID: 35641000.
45. Réginault T, Alejos RM, Coueron R, Burle J, 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 weaning: a multicentre randomised controlled trial. *Journal of Intensive Care*. 2024;12(1):28. doi: 10.1186/s40560-024-00741-3. PMID: 39049092.
46. Patel BK, Wolfe KS, Patel SB, Dugan KC, Esbrook CL, Pawlik AJ, et al. Effect of early mobilisation on long-term cognitive impairment in critical illness in the USA: a randomised controlled trial. *The Lancet. Respiratory Medicine*. 2023;11(6):563-572. doi: 10.1016/S2213-2600(22)00489-1. PMID: 36693400.
47. Hodgson CL, Stiller K, Needham DM, Tipping CJ, Harrold M, Baldwin CE, et al. Expert consensus and recommendations on safety criteria for active

mobilization of mechanically ventilated critically ill adults. *Critical Care*. 2014;18(6):658. doi: 10.1186/s13054-014-0658-y. PMID: 25475522.

48. Patsaki I, Gerovasili V, Sidiras G, Karatzanos E, Mitsiou G, Papadopoulos E, et al. Effect of neuromuscular stimulation and individualized rehabilitation on muscle strength in Intensive Care Unit survivors: A randomized trial. *Journal of Critical Care*. 2017;40. doi: 10.1016/j.jcrc.2017.03.014. PMID: 28364678.

49. Medrinal C, Machefert M, Lamia B, Bonnevie T, Gravier F, Hilfiker R, et al. Transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation in mechanically ventilated patients: a randomised study. *Critical Care*. 2023;27(1):338. doi: 10.1186/s13054-023-04597-1. PMID: 37649092.

50. Lorenz M, Langer N, Kloss P, Maechler M, Bald A, Warner L, et al. ROBoticassisted Early Mobilization in ventilated surgical critically ill patients (ROBEMI)-A randomized, controlled, outcome-assessor-blinded pilot study. *Anaesthesia, Critical Care & Pain Medicine*. 2025;44(4):101549. doi: 10.1016/j.accpm.2025.101549. PMID: 40414562.

51. Castelli L, Iacovelli C, Fusco A, Amoruso V, Cuccagna C, Loreti C, et al. The Role of Technological Rehabilitation in Patients with Intensive Care Unit Weakness: A Randomized Controlled Pilot Study. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(7):2612. doi: 10.3390/jcm12072612. PMID: 37048695.

52. Huebner L, Warmbein A, Scharf C, Schroeder I, Manz K, Rathgeber I, et al. Effects of robotic-assisted early mobilization versus conventional mobilization in intensive care unit patients: prospective interventional cohort study with retrospective control group analysis. *Critical Care*. 2024;28(1):112. doi: 10.1186/s13054-024-04896-1. PMID: 38582934.

53. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013;188(8):e13-64. doi: 10.1164/rccm.201309-1634ST. PMID: 24127811.

54. Rahiminezhad E, Sadeghi M, Ahmadinejad M, Gohari SIM, Dehghan M. A randomized controlled clinical trial of the effects of range of motion exercises and massage on muscle strength in critically ill patients. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2022;14(1):96. doi: 10.1186/s13102-022-00489-z. PMID: 35619171.

55. Maca J, Iva C, Iva F, Lucie K, Marketa K, Ivana N, et al. The effect of the addition of in-bed leg cycling using a MOTOMed device to standard rehabilitation on the length of mechanical ventilation: a randomized clinical trial. *Signa Vitae*. 2023;19(1):57-64. doi: 10.22514/sv.2022.024.

56. Qie X, Liu Z, Guo L. Evaluation of progressive early rehabilitation training mode in intensive care unit patients with mechanical ventilation. *World Journal of Clinical Cases*. 2022;10(23):8152-8160. doi: 10.12998/wjcc.v10.i23.8152. PMID: 36159546.

57. Eggmann S, Verra ML, Luder G, Takala J, Jakob SM. Effects of early, combined endurance and resistance training in mechanically ventilated, critically ill patients: A randomised controlled trial. *Plos One*. 2018;13(11):e0207428. doi: 10.1371/journal.pone.0207428. PMID: 30427933.
58. Connolly BA, Barclay M, Davies C, Hart N, Pattison N, Sturme G, et al. PRACTICE: Development of a Core Outcome Set for Trials of Physical Rehabilitation in Critical Illness. *Annals of the American Thoracic Society*. 2024;21(12):1742-1750. doi: 10.1513/AnnalsATS.202406-581OC. PMID: 39189977.