

Efetividade da electroestimulação neuromuscular na pessoa em situação crítica: uma Umbrella Review.

Ana Rita Alves Bartolomeu

**Dissertação apresentada à Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de
Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Enfermagem de Reabilitação**

Orientação Científica:

Professor Doutor Leonel Preto

Mestre Luis Gaspar

Bragança, setembro de 2025



Bartolomeu A. Efetividade da electroestimulação neuromuscular na pessoa em situação crítica: uma *Umbrella Review*

Trabalho de dissertação. Escola Superior de Saúde. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2025.

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão à minha família, cujo amor incondicional, apoio inabalável foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Agradeço aos meus amigos pelo incentivo e pelos momentos de descontração que me ajudaram a manter o equilíbrio ao longo desta jornada. Por fim, agradeço aos meus professores, nomeadamente ao Prof. Luís Gaspar cujas valiosas orientações, conhecimentos profundos e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação e para a minha formação académica.

A todos, um muito OBRIGADA!

RESUMO

Enquadramento: A fraqueza muscular adquirida em cuidados intensivos apresenta-se cada vez mais como um problema clínico, surgindo frequentemente ligado ao aumento da morbidade e mortalidade em contexto de cuidados intensivos. Classicamente, apresenta-se com um quadro clínico caracterizado por tetraparésia flácida sem atingimento dos nervos cranianos, com reflexos osteotendinosos normais ou hiporreflexicos e sem alterações de sensibilidade. Neste sentido, emerge a electroestimulação neuromuscular como opção terapêutica para mitigar este problema, mesmo em pessoas em situação crítica que não estão colaborantes nem capacitados para participarem ativamente em programas de mobilização precoce.

Objetivo: Analisar a evidência disponível relativamente à efetividade da electroestimulação neuromuscular em pessoas em situação crítica, com particular enfoque na preservação da força muscular, manutenção da massa muscular e redução do tempo de internamento em cuidados intensivos.

Métodos: Esta *Umbrella Review* seguirá a metodologia do Joanna Briggs Institute. Literatura publicada em inglês e português nas bases de dados MEDLINE, CINAHL Complete, Scopus, e PEDro serão consideradas para inclusão.

Resultados: Foram elegíveis para esta revisão abrangente oito artigos, nos quais foram identificados os programas de electroestimulação neuromuscular e os resultados ao nível da sua efetividade no ganho de força muscular, massa muscular e diminuição do tempo de internamento em cuidados intensivos. Da análise descritiva realizada, demonstrou que o programa de electroestimulação na pessoa em UCI, apresentou resultados ao nível do ganho de força muscular e atenuação da perda de massa muscular, já em relação ao tempo de internamento hospitalar não houve evidência que tenha contribuído para a sua redução.

Conclusão: A electroestimulação neuromuscular tem efeitos benéficos na mitigação da perda de força e massa muscular em pessoas em situação crítica, contudo, no que concerne ao tempo de internamento em cuidados intensivos os efeitos revelam-se menos consistentes.

Palavras-chave: fraqueza muscular, cuidados intensivos, estimulação elétrica, enfermagem de reabilitação, Umbrella Review

ABSTRACT

Background: Muscle weakness acquired in intensive care appears each increasingly seen as a clinical problem, often linked to increased morbidity and mortality in the intensive care context. Classically, it appears with a clinical picture characterized by flaccid quadriplegia without nerve involvement cranial muscles, with normal or hyporeflexic osteotendinous reflexes and no changes in sensitivity. In this sense, neuromuscular electrostimulation emerges as an option therapy to mitigate this problem, even in people in critical situations who cannot collaborating or qualified to actively participate in early mobilization.

Aim: To analyze the available evidence regarding the effectiveness of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients, with particular focus on preserving muscle strength, maintaining muscle mass, and reducing the length of stay in intensive care.

Methods: This Umbrella Review will follow the Joanna Briggs Institute methodology. Literature published in English and Portuguese in the MEDLINE, CINAHL databases Complete, Scopus, and PEDro will be considered for inclusion.

Results: Eight articles were eligible for this comprehensive review, identifying neuromuscular electrostimulation programs and their effectiveness in gaining muscle strength, muscle mass and reducing ICU length of stay. The descriptive analysis demonstrated that the electrostimulation program in ICU patients demonstrated significant strength gains and reduced muscle mass loss. Regarding ICU length of stay, there was no evidence that it contributed to a reduction.

Conclusion: Neuromuscular electrical stimulation has beneficial effects in mitigating the loss of muscle strength and mass in critically ill patients; however, regarding the length of stay in intensive care, the effects are less consistent.

Keywords: muscle weakness, intensive care, electrical stimulation, nursing rehabilitation, Umbrella Review

SIGLAS

APACHE II - Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II

ATP- Adenosina trifosfato

AVD - Atividades de Vida Diária

BPM- Batimentos por minuto

BPS - Behavioral Pain Scale

CPOT - Critical Care Pain Observation Tool

EEER - Enfermeiro Especialista em Enfermagem de Reabilitação

EENM - Electroestimulação neuromuscular

FITT - Frequência, Intensidade, Tempo e Tipo de Exercício

FMACI - Fraqueza muscular adquirida em cuidados intensivos

FC- Frequência cardíaca

FR- Frequência respiratória

JBI - Joanna Briggs Institute

IA- Inteligência Artificial

IMC - Índice de Massa Corporal

MRC - Medical Research Council

MRC-SS - Medical Research Council Sum Score

PA - Pressão arterial

PAM - Pressão arterial média

PICS - Post-Intensive Care Syndrome

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

RCT - Randomized Controlled Trial

ROS - Espécies reativas de O₂

SatO₂ - Saturação de Oxigénio

SOFA - Sequential Organ Failure Assessment

TENS - Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

Toff - Time Off

Ton - Time On

UCI - Unidade de cuidados intensivos

UPS - Sistema ubiquitina - proteassoma

6MWT - six-minute walk test

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	11
1. ESTADO DA ARTE	14
1.1 A PESSOA EM SITUAÇÃO CRÍTICA INTERNADA EM CUIDADOS INTENSIVOS: IMPACTO NA FUNÇÃO MOTORA	14
1.1.1 <i>Cuidados intensivos e imobilidade prolongada</i>	14
1.1.2 <i>Fraqueza muscular adquirida em cuidados intensivos (FMACI)</i>	16
1.1.2.1 Fisiopatologia da FMACI.....	16
1.1.2.2 Fatores de risco associados ao desenvolvimento da FMACI.....	21
1.1.2.3 Impacto da FMACI na pessoa em situação crítica.....	25
1.2 ELECTROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR: CONCEITOS E MECANISMOS FISIOLÓGICOS.....	27
1.3 A ELECTROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR EM CONTEXTO DE CUIDADOS INTENSIVOS.....	32
1.4 PAPEL DO ENFERMEIRO DE REABILITAÇÃO NA PESSOA COM FMACI.....	36
2. METODOLOGIA.....	39
2.1 PROBLEMÁTICA E FINALIDADE.....	39
2.2 DESENHO DO ESTUDO	40
2.3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	42
2.4 SELEÇÃO DE ARTIGOS	44
2.4.1 <i>Avaliação da qualidade metodológica das revisões</i>	45
2.5 EXTRAÇÃO DE DADOS	47
2.6 ANÁLISE DE DADOS.....	48
3. RESULTADOS	49
3.1 CARACTERÍSTICAS DOS ARTIGOS	49
3.2 CARACTERÍSTICAS DA INTERVENÇÃO.....	54
3.3 <i>OUTCOMES</i>	59

4. DISCUSSÃO.....	62
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA A PRÁTICA CLÍNICA	66
5. CONCLUSÃO.....	70
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	86
ANEXO I - Avaliação da Qualidade Metodológica - JBI Critical Appraisal Check- list for Systematic Reviews and Research Syntheses	
ANEXO II - Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement	

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Aplicação do método PICOT.....	41
Tabela 2: Estratégia de Pesquisa.....	44
Tabela 3: Avaliação da Qualidade das Revisões.....	47
Tabela 4: Apresentação dos resultados (ID, Autores, Ano, Objetivo, Características dos Estudos, Características dos Participantes)	51
Tabela 5: Apresentação de resultados (ID, Programa de Exercício (FITT), Tempo Total, Eventos adversos, <i>Outcomes</i>)	56
Tabela 6: Frequência de estudos com efeito positivo nos <i>outcomes</i>	61
Tabela 7: Programa de EENM para a pessoa em UCI.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mecanismos da fisiopatologia associada ao desenvolvimento da FMACI, adaptado de Gonzáles et al (2022)	21
Figura 2: Parâmetros que devem ser ajustados na EENM. Adaptado de Juthberg et al cit por Ackermann et al (2024)	30
Figura 3: Processo de seleção e extração de estudos – Diagrama PRISMA.....	45

INTRODUÇÃO

Anualmente são internadas, a nível global, milhões de pessoas em cuidados intensivos que têm alta e sobrevivem a uma situação crítica (Valenzuela et al, 2020). No entanto, o tratamento em cuidados intensivos pode causar complicações a curto e a longo prazo, em que se incluem complicações físicas (particularmente pulmonares e musculoesqueléticas), cognitivas (relacionadas com a memória) e declínio mental, que afetam diretamente a pessoa, mas também os familiares e os cuidadores (Balke et al, 2022). As consequências negativas a curto e longo prazo, bem como o risco de reinternamento são reais e exigem cooperação multidisciplinar no sentido de garantirem qualidade de vida à pessoa bem como à sua família (Valenzuela et al, 2020). Uma das consequências do internamento em cuidados intensivos é a fraqueza muscular adquirida em cuidados intensivos (FMACI), que é uma disfunção neuromuscular sem uma etiologia identificada além do internamento em cuidados intensivos e da severidade da doença que o originou (González et al, 2022)

A FMACI afeta cerca de 40% de todas as pessoas internadas em cuidados intensivos, sendo que em patologias como a sépsis e a falência multiorgânica chega a 80% (Balke et al, 2022). Este fato tem um grande impacto no tempo de internamento e no tempo de recuperação da pessoa, afetando o desempenho das atividades de vida diária, para além de representar elevados custos quer para a pessoa quer para os serviços de saúde (González et al, 2022).

Neste contexto, o Enfermeiro Especialista em Enfermagem de Reabilitação (EEER) deve centrar-se na prevenção e recuperação da pessoa em situação crítica através da conceção, implementação e monitorização de programas de mobilização precoce para a maximização da sua capacidade funcional (Prazeres et al, 2021). A mobilização precoce representa um importante componente no processo de reabilitação, sendo que a evidência científica sugere ganhos de força e massa musculares (Chen & Huang, 2024). Em contexto de cuidados intensivos nem todas as pessoas estão capazes nem colaborantes para executar exercícios de mobilização músculo-articular devido ao estado de consciência/sedação. Surge assim a necessidade de integrar a electroestimulação neuromuscular (EENM) nos

programas de mobilização precoce para atenuar a perda de força e massa musculares (Grunow et al, 2019).

A evidência científica atual inclui várias revisões sistemáticas sobre este tema (Liu et al., 2020; Zayed et al., 2019; Gutiérrez- Arias et al., 2022) que avaliam a efetividade da EENM na pessoa em situação crítica internada em cuidados intensivos, sendo, importante a sistematização da informação disponível. Considerando a sua relevância para a prática da Enfermagem de Reabilitação neste contexto, é importante perceber qual a efetividade desta intervenção podendo constituir-se como suporte à melhoria da prática clínica pelos EEER.

No seguimento da relevância atribuída aos efeitos da electroestimulação na pessoa em situação crítica, desenvolveu-se o presente estudo de investigação, realizado no contexto do Curso de Mestrado em Enfermagem de Reabilitação da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Bragança, no ano letivo 2024/2025, integrado na unidade curricular Opção 2 Dissertação / trabalho de projeto II do curso de Mestrado em Enfermagem de Reabilitação e orientado pelo Professor Doutor Leonel Preto. A presente investigação tem como finalidade identificar os efeitos da electroestimulação neuromuscular na pessoa em situação crítica, destacando o contributo para a prática e desenvolvimento da Enfermagem de Reabilitação.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a efetividade da utilização da EENM nas pessoas em situação crítica internadas em unidades de cuidados intensivos (UCI). Para isso foi elaborada uma *umbrella review* cujos objetivos específicos são:

- Identificar os programas de EENM dirigidos à pessoa em situação crítica;
- Sintetizar os dados dos estudos de revisão sistemática, que avaliam os efeitos da EENM na pessoa em situação crítica;
- Determinar o impacto dos programas de EENM na força muscular, massa muscular e tempo de internamento em UCI.
- Apresentar a proposta de um programa de electroestimulação neuromuscular (EENM) para a pessoa em situação crítica, estruturado de acordo com o acrónimo FITT.

No primeiro capítulo procedeu-se à sistematização do estado da arte sobre a FMACI, a EENM e o papel do EER na pessoa com FMACI.

O segundo capítulo é dedicado à apresentação dos aspetos metodológicos que fundamentam esta *umbrella review*, descrevendo de forma pormenorizada cada uma das etapas que compõem o processo de investigação.

No terceiro capítulo são expostos os resultados encontrados sobre os programas de EENM na pessoa em situação crítica.

O quarto capítulo é dedicado à discussão final, onde se procede à análise crítica dos resultados obtidos. Este capítulo culmina com a apresentação de uma proposta de programa de electroestimulação neuromuscular direccionado a pessoas em situação crítica em contexto de cuidados intensivos, pretendendo-se constituir como um contributo para a prática de Enfermagem de Reabilitação.

1. ESTADO DA ARTE

1.1 A pessoa em situação crítica internada em cuidados intensivos: Impacto na função motora

1.1.1 Cuidados intensivos e imobilidade prolongada

As pessoas em situação crítica frequentemente requerem admissão numa unidade de cuidados intensivos por longos períodos de tempo (González et al, 2022). A evolução atual da medicina intensiva permite que cada vez mais pessoas sobrevivam a doenças graves, levando a um aumento significativo nas taxas de sobrevivência e ao surgimento de inúmeras sequelas nos sobreviventes (Burgess et al., 2021).

O tratamento inicial neste contexto, foca-se na estabilização hemodinâmica e na restauração/manutenção da função central dos órgãos vitais, mantendo a imobilidade no leito. Os sobreviventes ficam frequentemente com incapacidade física, cognitiva e mental como resultado dos efeitos da doença e dos tratamentos necessários para manter a pessoa viva (Burgess et al., 2021). Em 2010, a Society of Critical Care Medicine após a consulta de peritos, criou o termo Post-Intensive Care Syndrome (PICS). A PICS é definida como *“o início ou agravamento de incapacidades na saúde física, cognitiva e/ou mental que surgiu após internamento em UCI e persistiu além da alta hospitalar”*, sendo responsável pela redução significativa da qualidade de vida (Ekong et al, 2024). Este termo foi criado com os seguintes objetivos: (1) consciencializar os profissionais de saúde, doentes/ famílias e o público em geral acerca das consequências dos internamentos em cuidados intensivos; (2) melhorar a deteção de incapacidades resultantes do internamento em cuidados intensivos; (3) potenciar futuras linhas de investigação sobre as alterações fisiopatológicas neste contexto (Hiser et al (2023).

Existem diversos fatores de risco identificados para o desenvolvimento de incapacidades resultantes da PICS. Entre esses fatores de risco surgem a idade avançada, o sexo feminino, o histórico de doença mental, a gravidade da doença, a experiência traumática em UCI (incluindo memórias negativas) e o delírio que foram significativamente associados a deficits físicos, mentais e/ou cognitivos (Hiser et al, 2023). Dentro desta variedade de

deficits encontramos a fraqueza muscular, a disfunção cognitiva, a depressão, a ansiedade e a síndrome de stress pós-traumático (Ekong et al, 2024).

Com a constante evolução dos cuidados intensivos, importa reconhecer e abordar os efeitos prolongados dos internamentos em UCI para otimizar os resultados obtidos a longo prazo. Entre 50 a 80 % dos sobreviventes apresentam dificuldades significativas em retomar rotinas diárias, reintegrar-se no mundo do trabalho ou manter relações sociais, como consequência dos componentes físicos, psicológicos e cognitivos persistentes da PICS (Ekong et al., 2024; Ayenew et al., 2025; Bornemann-Cimenti et al., 2025). Estes défices variam em severidade e duração, podendo prolongar-se por meses ou anos, e frequentemente incluem dispneia, dor crónica, disfunção sexual, redução da função pulmonar e capacidade reduzida para o exercício físico (Ekong et al., 2024; Amacher et al., 2024). Estudos longitudinais revelam que, mesmo um ano após alta, uma proporção considerável de sobreviventes continua a manifestar sintomas físicos e psicológicos relevantes, incluindo limitações funcionais e redução da qualidade de vida (Amacher et al., 2024). Para além das consequências no plano individual, também envolvem elevados custos socioeconómicos, com regresso tardio ao trabalho, que poderá ser arrastado a mais de um ano após a alta (Bornemann-Cimenti et al., 2025).

A FMACI, denominada internacionalmente por *Intensive care Unit-Acquired weakness*, é uma das componentes da PICS, que contribui substancialmente para a incapacidade dos sobreviventes (Prazeres et al, 2021). Caracteriza-se por fraqueza muscular simétrica e predominantemente proximal aos membros, com preservação dos músculos faciais e redução geral dos reflexos osteotendinosos, podendo também afetar a musculatura respiratória (Petrucci et al, 2025). Estima-se que sua prevalência possa atingir os 50% a 80%, com perda de massa muscular diária de até 2% (Petrucci et al, 2025).

Nas últimas décadas, o aumento da sobrevida após a alta de UCI, resultou numa maior consciencialização acerca da FMACI, enquanto fator contribuinte para a PICS, pelo reconhecimento de que os sobreviventes poderiam sair da UCI com elevado descondicionamento físico (Prazeres et al 2021). Este descondicionamento físico origina um declínio severo da tolerância ao exercício, do estado funcional, da qualidade de vida relacionada com a saúde, bem como distúrbios psicossociais e cognitivos (González et al, 2022).

Evidencia-se como essencial a implementação de intervenções orientadas para a promoção da mobilidade, na medida em que estas contribuem para a redução do risco de desenvolvimento de sequelas funcionais associadas à perda de força muscular. Tais intervenções enquadram-se no domínio da Enfermagem de Reabilitação, assumindo particular relevância na prevenção de complicações decorrentes da imobilidade e na promoção da recuperação funcional da pessoa em situação crítica (Prazeres et al., 2021).

1.1.2 Fraqueza muscular adquirida em cuidados intensivos (FMACI)

Como vimos anteriormente, as pessoas em situação crítica admitidas em UCI, sofrem de uma severa atrofia e fraqueza musculares (Nonoyama et al, 2022; González et al, 2022), dependendo da população de doentes, dos fatores de risco, dos dias de hospitalização e da severidade da doença (Hiser et al, 2025). A FMACI manifesta-se por hiporreflexia, atrofia e fraqueza musculares originando dificuldades no desempenho das AVD e aumento do tempo de internamento hospitalar, podendo aumentar a mortalidade (Liu et al., 2020). Esta perda de massa muscular é mais frequente nos cuidados intensivos comparativamente com outros contextos, particularmente na primeira semana de internamento (Bao et al., 2022).

Esta condição pode ser desencadeada por causas primárias ou secundárias. As causas primárias são responsáveis por menos de 0,5 % das admissões em Unidade de Cuidados Intensivos, incluem doenças neuromusculares que requerem suporte ventilatório, como por exemplo a miastenia gravis, a esclerose múltipla, a esclerose lateral amiotrófica ou a síndrome de Guillain-Barré (Latronico & Bolton, 2023). As causas secundárias decorrem, na maioria das vezes, de complicações associadas a outras patologias graves, como a sépsis ou a insuficiência respiratória, que colocam em risco a vida da pessoa (Attar et al., 2025).

1.1.2.1 Fisiopatologia da FMACI

A FMACI é uma complicação multifatorial que afeta pessoas em situação crítica e resulta da interação entre alterações musculares, metabólicas, endoteliais, mitocondriais e neurológicas, sendo a compreensão dos mecanismos fisiopatológicos essencial para orientar

intervenções preventivas e terapêuticas eficazes (Latronico et al., 2023; Hermans & Van Aerde, 2022).

O fator precipitante na patogênese da atrofia muscular neste contexto resulta, em grande medida, do desequilíbrio entre a síntese e a degradação proteica em resposta a diferentes estímulos, nomeadamente o aumento do catabolismo (Petrucci et al, 2025). Entre os principais mecanismos responsáveis pela degradação proteica destaca-se o sistema *ubiquitina-proteassoma*, no qual a proteassoma (uma protéase de grandes dimensões) reconhece e degrada proteínas previamente marcadas pela ubiquitina, através da ação de enzimas ligases E3 (Petrucci et al., 2025; Schiaffino et al., 2023). Duas destas ligases revelam maior expressão em situações de atrofia muscular, desempenhando, assim, um papel determinante no processo catabólico. Para além deste mecanismo, outro sistema relevante é o *autofágico-lisossómico*, envolvido na renovação celular e ativado em condições de stress metabólico ou défice nutricional. No tecido músculo-esquelético, este processo assume particular importância através da mitofagia, uma forma seletiva de autofagia direcionada às mitocôndrias, que contribui para a remodelação muscular (Petrucci et al, 2025). A sua ativação excessiva e desregulada tem sido associada à degradação proteica exacerbada observada durante a atrofia muscular em pessoas em situação crítica (Petrucci et al., 2025; Mammucari & Sandri, 2023). Na sequência, apresentam-se os principais fatores desencadeantes da FMACI, permitindo uma compreensão mais clara e fundamentada da condição.

Atrofia e disfunção muscular

A imobilidade prolongada em UCI, constitui um dos principais fatores no desenvolvimento da FMACI (Parry et al, 2023). A inatividade acelera o processo de atrofia muscular, caracterizado pela intensificação da proteólise e pela redução da síntese proteica, com impacto mais acentuado sobre as fibras do tipo II, particularmente vulneráveis à degradação estrutural (Parry et al., 2023).

Um dos mecanismos mais relevantes é a ativação exacerbada do sistema *ubiquitina-proteassoma*, regulador dominante da proteólise muscular. Esta via é estimulada por stress oxidativo, inflamação sistémica (destacando-se a *interleucina-6*), disfunções metabólicas e ausência de estímulo mecânico, frequentemente observados em doentes sépticos (Derde

et al., 2022). Paralelamente, o estado catabólico da doença, associado à diminuição de hormonas anabólicas e ao aumento de hormonas catabólicas, intensifica o desgaste muscular, sobretudo na imobilização prolongada ou a perda de inervação (Derde et al., 2022).

As pessoas em situação crítica podem perder, nos casos mais graves, até 20% da massa muscular nos primeiros 10 dias de internamento em UCI (Baldwin & Herridge, 2021). Estas alterações são confirmadas por biópsias musculares, que confirmam alterações estruturais relevantes, como inflamação, necrose, infiltração adiposa e fibrose, que comprometem de forma significativa a função muscular (Latronico & Bolton, 2023).

Distúrbios do endotélio e da microcirculação

A disfunção endotelial é outra característica da FMACI, contribuindo para a redução do fluxo sanguíneo e consequente hipóxia muscular (Petrucci et al, 2025). Alterações da microcirculação, como vasodilatação, aumento da permeabilidade capilar e extravasamento de leucócitos, favorecem o desenvolvimento de edema intersticial, aumentando a distância de difusão do oxigénio comprometendo a perfusão tecidual (Van Aerde et al., 2021). Estes mecanismos podem originar a compressão muscular e neuronal, sendo que a hipoperfusão agrava o risco de lesão neuronal, degeneração axonal e despolarização persistente da membrana dos axónios motores (Hermans & Van Aerde, 2022).

Disfunção mitocondrial

A disfunção mitocondrial desempenha um papel central na fisiopatologia da FMACI. Em estados críticos, verifica-se uma produção exacerbada de espécies reativas de oxigénio (ROS) conjugada com uma redução das defesas antioxidantes, o que culmina num desequilíbrio oxidativo (Brealey et al., 2022). Para além da mera limitação no fornecimento de oxigénio, a disfunção mitocondrial parece resultar de danos diretos nas mitocôndrias, amplificados por processos de inflamação sistémica, hiperglicemia e ação continuada de radicais livres (Xu et al, 2024). Evidências recentes apontam que, sob hiperglicemia de stress, há aumento da produção de ROS pelas mitocôndrias, comprometendo a produção de trifosfato de adenosina (ATP) e favorecendo disfunções celulares graves (Xu et al, 2024). A consequência deste facto é um défice bioenergético devido à redução na produção de ATP, comprometendo a contratilidade muscular e os processos de regeneração

celular (Petrucci et al, 2025) Paralelamente, as mitocôndrias disfuncionais aumentam ainda mais a produção de ROS, perpetuando um ciclo vicioso de lesão celular (Latronico & Bolton, 2023).

Ativação autofágica inadequada

Inicialmente associada à atrofia muscular, a autofagia é atualmente reconhecida como um processo essencial de manutenção celular (Petrucci et al, 2025). Em pessoas em situação crítica, observa-se ativação insuficiente deste mecanismo, o que favorece a acumulação de organelos e proteínas danificadas, como mitocôndrias disfuncionais, contribuindo para a degeneração muscular (Van Hees et al., 2021).

Neste contexto, a ausência de estímulo mecânico decorrente da imobilização prolongada reduz ainda mais a síntese proteica. Simultaneamente, a ativação da calpaína, enzima envolvida na degradação do sarcômero, contribui para a desintegração das miofibrilas intensificando a fraqueza muscular (Derde et al., 2022).

Disfunção de membrana e dos canais iônicos

Outro mecanismo fisiopatológico relevante na FMACI é a inativação dos canais de sódio, que conduz a um estado de *hipoexcitabilidade* ou mesmo de inexcitabilidade das membranas nervosas e musculares (Latronico & Bolton, 2023). Esta condição tem sido descrita como um fenômeno rápido e reversível, frequentemente detetado em fases iniciais da doença grave, sugerindo que alterações funcionais precedem a instalação de lesões estruturais irreversíveis (Latronico & Bolton, 2023). A persistência de inativação destes canais reduz a capacidade de gerar e propagar potenciais de ação, o que compromete de forma significativa a transmissão neuromuscular limitando a ativação muscular.

Alterações na homeostasia do cálcio intracelular constituem um fator adicional que agrava este quadro (Rich & Pinter, 2020). A acumulação de cálcio livre no citoplasma, frequentemente induzida por stress oxidativo e inflamação sistêmica, interfere com o mecanismo excitação-contração, prejudicando a liberação adequada de cálcio pelo retículo sarcoplasmático limitando desta forma a contratilidade muscular (Rich & Pinter, 2020). Para além disso, a disfunção mitocondrial observada em pessoas em situação crítica

potencia a sobrecarga de cálcio e a produção de espécies reativas de oxigênio, criando um ciclo vicioso de lesão celular que contribui para a progressão da fraqueza (Berger et al., 2022).

Assim, a combinação entre a inativação dos canais de sódio e a desregulação do cálcio intracelular emerge como um eixo central na patogênese da fraqueza muscular, representando potenciais alvos terapêuticos para a prevenção ou atenuação desta complicação em contexto de cuidados intensivos (Latronico & Bolton, 2023)

Envolvimento do sistema nervoso central e periférico

A FMACI não se restringe à disfunção muscular, podendo também envolver o sistema nervoso periférico e central (Latronico & Bolton, 2023). A polineuropatia da pessoa em situação crítica caracteriza-se por degeneração axonal de fibras motoras e sensoriais, frequentemente associada a inflamação, stresse oxidativo e distúrbios metabólicos (Hermans & Van Aerde, 2022).

Alterações iniciais no disparo repetitivo dos neurónios motores podem preceder a falência elétrica axonal e comprometer a transmissão neuromuscular, reforçando a hipótese do contributo central para a patogênese da fraqueza muscular (Latronico & Bolton, 2023). O disparo repetitivo dos neurónios motores corresponde à capacidade destas células gerarem potenciais de ação de forma contínua e sustentada, permitindo a ativação regular das fibras musculares e, conseqüentemente, a contração muscular eficaz. As falhas precoces neste processo ocorrem quando, ainda antes de existir lesão estrutural evidente do axónio ou da junção neuromuscular, o neurónio motor perde a capacidade de manter este ritmo de potenciais de ação. Nestes casos, o neurónio inicia a transmissão elétrica, mas não consegue sustentá-la, resultando em interrupções ou numa redução da frequência dos impulsos nervosos, o que constitui um dos mecanismos fisiopatológicos precoces da fraqueza adquirida em cuidados intensivos (Latronico & Bolton, 2023; Wang et al., 2020).

Todos estes mecanismos encontram-se esquematizados na figura 1:

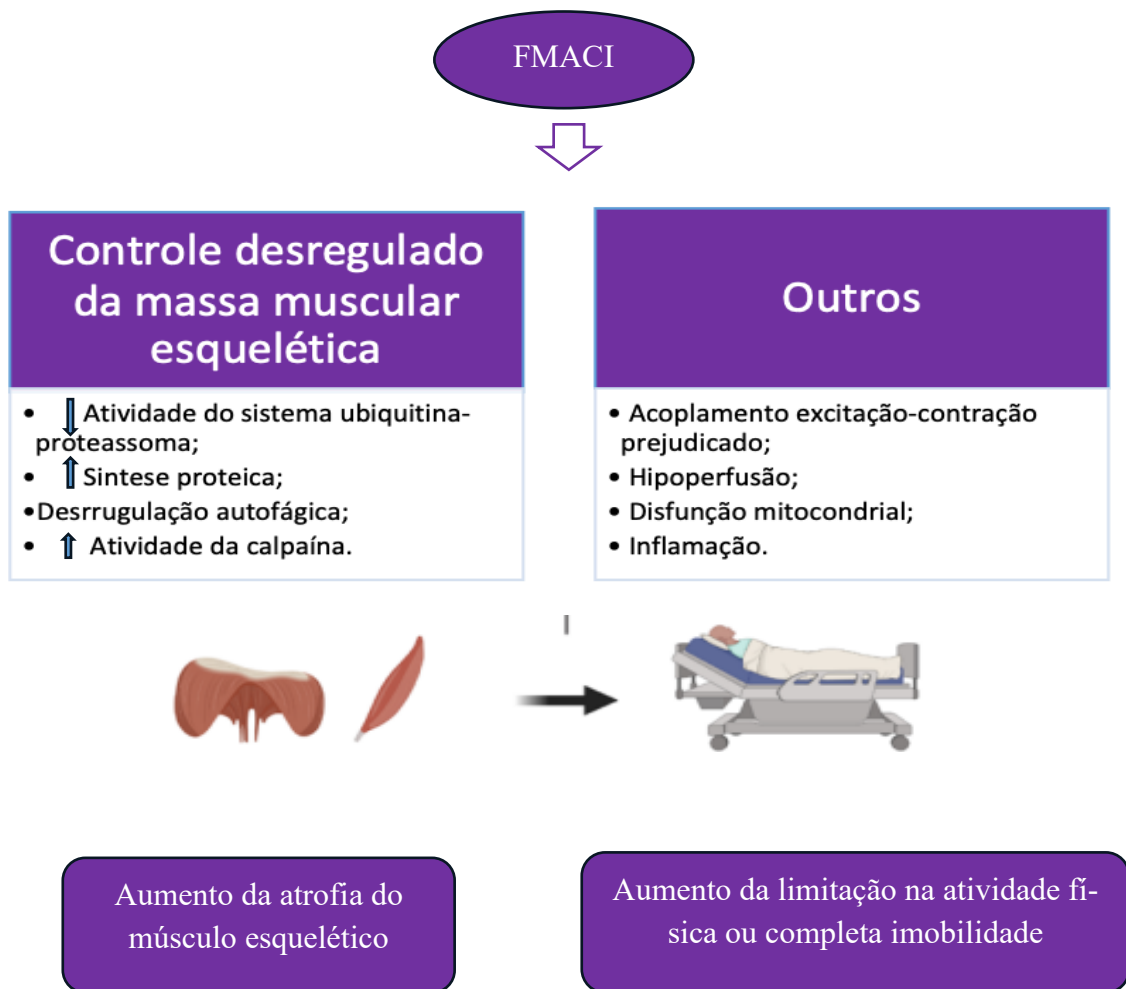


Figura 1: Mecanismos da fisiopatologia associada ao desenvolvimento da FMACI, adaptado de Gonzáles et al (2022)

1.1.2.2 Fatores de risco associados ao desenvolvimento da FMACI

Existem vários fatores de risco independentes que contribuem para a ocorrência da FMACI. Estes fatores, pela sua natureza e características, podem ser divididos em dois grupos distintos. Por um lado, encontram-se os fatores de risco não modificáveis, que resultam de características inerentes da pessoa e sobre os quais não é possível exercer intervenção direta. Por outro lado, identificam-se os fatores de risco potencialmente modificáveis, que, ao contrário dos primeiros, constituem dimensões suscetíveis de intervenção e, conseqüentemente, de prevenção ou mitigação.

Fatores de risco não modificáveis

Entre os fatores de risco não modificáveis para o desenvolvimento da FMACI destacam-se o estado de saúde prévio, a falência multiorgânica, a sépsis e o choque séptico, a ventilação mecânica e os níveis elevados de lactato que surgem associados ao choque séptico, hipoxemia, falência multiorgânica e disfunção mitocondrial (Petrucci et al., 2025).

O estado de saúde prévio exerce influência determinante no desenvolvimento da FMACI. A idade avançada é reconhecida como um dos principais fatores de risco, sendo diretamente proporcional à ocorrência de FMACI (Petrucci et al., 2025; Appleton et al., 2023; Yang et al., 2022). Para além da idade, a fragilidade associada à população idosa prolonga o tempo de internamento em UCI, potencia a gravidade clínica e aumenta a mortalidade. Esta condição associa-se ainda ao desenvolvimento de sarcopenia (que resulta, neste contexto, da combinação de imobilidade, inflamação sistémica, alterações metabólicas e efeitos iatrogénicos, que aceleram a perda de massa e força muscular na pessoa em situação crítica), o que contribui para a perpetuação da espiral de complicações (Petrucci et al., 2025; Hermans & Van Aerde, 2023). Embora não exista consenso, parece que o sexo feminino é um fator de risco independente, enquanto a obesidade parece ter um efeito protetor parcial, uma vez que o metabolismo de ácidos gordos e glicerol pode atenuar a degradação proteica muscular (Petrucci et al., 2025).

A falência multiorgânica representa outro fator de risco não modificável. Caracteriza-se pela disfunção progressiva de dois ou mais órgãos, sendo frequentemente induzida por choque séptico (Petrucci et al., 2025). Embora a sépsis seja a causa mais frequente, a fraqueza muscular pode também surgir como complicação de falência causada por outras situações críticas, como o Síndrome de Dificuldade Respiratória Aguda (ARDS), politraumatismo, insuficiência respiratória renal, choque cardiogénico entre outras. A gravidade da doença subjacente, refletida em índices como o *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II* (APACHE II) e o *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA), correlaciona-se com maior risco de desenvolvimento de FMACI (Petrucci et al., 2025; Hermans & Van Aerde, 2023). Existe ainda uma relação bidirecional, na medida em que a FMACI agrava a falência multiorgânica e esta, por sua vez, potencia a progressão da fraqueza, sendo considerada uma das principais causas de morte nestes doentes (Latronico & Bolton, 2023).

A sépsis constitui um dos principais fatores predisponentes, caracterizando-se como um síndrome sistémico que resulta da resposta inflamatória a uma infeção, acompanhada de lesão orgânica. Nas pessoas internadas com sépsis, a evolução clínica é frequentemente complicada pela perda acentuada de massa muscular, sobretudo nas pessoas admitidas em UCI com FMACI (Petrucci et al., 2025; Bloch et al., 2023). Estas pessoas apresentam, simultaneamente, todos os fatores de risco clássicos para a fraqueza muscular, como a imobilidade prolongada, o uso de corticoides, hiperglicemia, défices nutricionais, duração prolongada da ventilação mecânica, entre outros, aos quais se acrescenta a ativação de mecanismos específicos, entre os quais o desequilíbrio entre o aumento da degradação proteica e a diminuição da síntese de novas proteínas musculares (Petrucci et al., 2025; Appleton et al., 2023).

A ventilação mecânica é igualmente um fator de risco major, sendo diretamente proporcional ao tempo de ventilação mecânica. (Petrucci et al., 2025). Este facto está relacionado com a duração do internamento e inclui a sedação, o uso de relaxantes neuromusculares, a imobilidade, a desnutrição e a hipoxia (Petrucci et al., 2025; Bloch et al., 2023). A relação entre ventilação mecânica e FMACI é, de facto, recíproca: a ventilação prolongada potencia o risco de fraqueza e disfunção diafragmática, que por sua vez aumenta a dificuldade no desmame ventilatório (Vanhorebeek, Latronico, & Van den Berghe, 2020). A redução da força do diafragma compromete a capacidade de produzir pressão inspiratória suficiente, sendo este quadro compreendido como fraqueza diafragmática, entidade de particular relevância no contexto da pessoa em situação crítica. A utilização de modalidades ventilatórias totalmente controladas, ao impedir a contração ativa do diafragma, favorece a instalação de atrofia por desuso e da designada disfunção diafragmática induzida pela ventilação (Silva et al., 2024).

Por fim, os níveis elevados de lactato constituem um biomarcador clássico na sépsis e no choque séptico, refletindo hipoperfusão e hipóxia tecidual (Petrucci et al., 2025). O aumento das concentrações séricas de lactato resulta da transição metabólica para vias anaeróbias, quando a produção de energia aeróbia é insuficiente (Fuentes-Aspe et al., 2024). Este desequilíbrio pode induzir lesão muscular, disfunção mitocondrial e contribuir para o início e progressão da FMACI (Fuentes-Aspe et al., 2024; Hermans & Van Aerde, 2023). Para além de marcador metabólico, o lactato é atualmente considerado também

como mediador inflamatório e oxidativo, com impacto direto na fraqueza muscular nas pessoas em situação crítica (Bloch et al., 2023).

Fatores de risco modificáveis

Para além dos fatores não modificáveis, existem riscos considerados potencialmente modificáveis, cuja identificação e monitorização assumem particular relevância no contexto da pessoa em situação crítica. Entre estes destacam-se os níveis de hiperglicemia, a utilização de determinados fármacos em situações de doença grave, a administração de nutrição parentérica e a imobilidade prolongada (Petrucci et al., 2025).

A hiperglicemia tem sido consistentemente associada ao desenvolvimento de polineuropatia e de fraqueza muscular em pessoas em situação crítica, sendo considerada um dos principais preditores modificáveis de FMACI (Van Aerde et al., 2020; Petrucci et al., 2025). O fraco controlo glicémico durante a fase aguda associa-se a pior prognóstico e aumento da mortalidade (Hermans & Van den Berghe, 2023). Entre os mecanismos fisiopatológicos propostos encontram-se alterações da excitabilidade neuronal, efeitos tóxicos diretos sobre os nervos periféricos e disfunção da microcirculação nervosa (Hermans et al., 2023).

O uso de fármacos constitui outro fator de risco relevante. O uso de corticosteroides foi associado a maior risco de desenvolvimento de FMACI, sobretudo em quadros sépticos, (Vanhorebeek, Latronico, & Van den Berghe, 2020; Bloch et al., 2023). O efeito adverso é atribuído ao aumento do catabolismo proteico e à indução de miopatia, mas o papel exato dos corticoides na génese da neuromiopatia crítica continua controverso (Petrucci et al., 2025). Bloqueadores neuromusculares e determinados antibióticos, como os aminoglicósidos, têm igualmente sido associados a este processo. No que respeita aos sedativos, o seu efeito parece ser sobretudo indireto, sendo que a sedação contínua potencia a imobilidade e o alectuamento favorece a atrofia muscular (Vanhorebeek, Latronico, & Van den Berghe et al., 2020).

A nutrição parentérica tem sido um fator relevante neste contexto. A sua administração precoce e prolongada, particularmente quando conduz a hiperglicemia iatrogénica, está associada a maior risco de complicações, disfunção multiorgânica e internamentos mais

prolongados, potenciando o desenvolvimento de FMACI (González et al., 2022). Apesar disso, o suporte nutricional mantém-se fundamental na prevenção da perda de massa muscular, sendo necessário individualizar a estratégia e equilibrar riscos e benefícios (Petrucci et al., 2025).

Por fim, a imobilidade, sendo que o repouso prolongado no leito induz atrofia muscular rápida e progressiva, favorecendo alterações metabólicas e comprometendo a função diafrágica. Verificou-se que a mobilização precoce em contexto de cuidados intensivos está associada à redução da incidência de FMACI, à melhoria da capacidade funcional e a um menor tempo de ventilação mecânica (Appleton et al., 2023).

1.1.2.3 Impacto da FMACI na pessoa em situação crítica

A FMACI associa-se a múltiplas complicações que comprometem tanto a sobrevivência como a recuperação funcional das pessoas em situação crítica. A curto prazo, esta condição tem sido identificada como fator de risco independente para maior mortalidade durante o internamento hospitalar, particularmente em doentes que desenvolvem fraqueza dos membros (Vanhorebeek, Latronico, & Van den Berghe, 2020; Appleton et al., 2023). A disfunção dos músculos respiratórios, em especial do diafragma, foi também documentada, embora de forma menos consistente, representando um preditor da necessidade de ventilação mecânica prolongada e de dificuldade no desmame ventilatório (Bloch et al., 2023).

Entre as complicações imediatas da FMACI encontram-se ainda os distúrbios da deglutição, nomeadamente a disfagia pós-extubação, atribuída à fraqueza neuromuscular. Esta condição não só aumenta o risco de aspiração e pneumonia associada à ventilação, como compromete a ingestão oral e prolonga a necessidade de suporte nutricional (Skoretz et al., 2020). A fraqueza dos músculos abdominais reduz, por sua vez, a eficácia da tosse, dificultando a eliminação de secreções brônquicas e contribuindo para maior vulnerabilidade a infeções respiratórias (Latronico & Bolton, 2023).

As consequências a longo prazo são igualmente significativas, sendo que sobreviventes de UCI com FMACI apresentam, seis meses após a alta, valores persistentemente baixos de força muscular avaliados pela escala *Medical Research Council Sum-Score - MRC-SS*,

(que avalia a força muscular global e deteta a presença de FMACI), frequentemente inferiores a 48 pontos, compatíveis com fraqueza muscular clinicamente relevante o que influencia a independência funcional e a qualidade de vida (García-Peres-de-Sevilla & Pinto, 2023; Hermans & Van Aerde, 2023). Além disso, a presença de FMACI associa-se a maior mortalidade entre um e cinco anos após o internamento, reforçando o impacto desta síndrome para além da fase aguda da situação crítica (García-Peres-de-Sevilla & Pinto, 2023).

Importa salientar que mesmo formas consideradas “não clinicamente relevantes” de FMACI (MRC-SS entre 48 e 60) estão associadas, de forma independente, a menor força de prensão manual, redução da força dos músculos respiratórios, desempenho inferior prova de marcha de seis minutos (*6MWT*), menor independência funcional e menor qualidade de vida até cinco anos após o internamento em cuidados intensivos (Vanhorebeek, Latronico, & Van den Berghe, 2020; Herridge et al., 2022).

No que se refere ao tratamento da FMACI, não existe, até ao presente, uma terapêutica comprovadamente eficaz. As intervenções disponíveis têm revelado benefícios pouco expressivos, pelo que a prevenção assume particular relevância, destacando-se como a estratégia mais promissora, sobretudo quando direcionada a fatores de risco identificados, entre os quais se salientam o controlo rigoroso da glicemia, a redução da imobilidade e a minimização do recurso a fármacos de risco (Petrucci et al., 2025; Hermans & Van Aerde, 2023). Entre as medidas preventivas, a mobilização precoce destaca-se como prática essencial, amplamente implementada como padrão de cuidados desde o primeiro dia de internamento em UCI até à alta, devendo ser continuada em regime ambulatorio (Balke et al., 2022; Zhang et al., 2023). Esta intervenção demonstrou melhorar a força muscular, reduzir a duração da ventilação mecânica e encurtar o tempo de internamento, sendo atualmente recomendada como *Gold Standard* pela United States Critical Care Society nas suas *guidelines* de 2025 (PulmCCM, 2025), bem como projetos recentes da Ordem dos enfermeiros o “MovER na UCI”, que enquadra a mobilização precoce no padrão de cuidados (Ordem dos Enfermeiros, 2025).

1.2 Electroestimulação neuromuscular: conceitos e mecanismos fisiológicos

A estimulação elétrica neuromuscular é uma técnica terapêutica utilizada para criar contração muscular através de impulsos elétricos (Ackermann et al, 2024). Constitui uma estratégia terapêutica com o objetivo de reproduzir artificialmente o processo fisiológico de ativação muscular desencadeado pelo sistema nervoso central. Neste âmbito, os estímulos elétricos externos, gerados por um dispositivo específico, substituem o potencial de ação que, em condições naturais, se origina no encéfalo e percorre as vias motoras até ao músculo (Guerra-Vega et al., 2025). Estes impulsos artificiais induzem a despolarização das fibras nervosas periféricas e promovem a subsequente contração muscular, permitindo, assim, manter a atividade contrátil mesmo em situações de imobilidade ou incapacidade voluntária (Nakanishi et al., 2023; Xu et al., 2024; Guerra-Vega et al., 2025). Este efeito é conseguido através da colocação de eléctrodos de superfície sobre os pontos motores de um ou vários músculos superficiais selecionados, com o objetivo de estimular a atividade neuromuscular e a obtenção de contrações musculares objetivas e palpáveis (Ackermann et al, 2024). O uso da estimulação elétrica para induzir a contração do músculo esquelético é amplamente empregue em programas de reabilitação em todo o mundo (Liebano et al, 2021)

O uso da eletricidade com fins terapêuticos remonta à Antiguidade, quando no Egito e na Grécia as enguias elétricas eram aplicadas como forma rudimentar de alívio da dor (Ackermann, 2024). O conhecimento científico avançou de forma decisiva no século XVIII, com as experiências de Luigi Galvani, que demonstraram a capacidade da corrente elétrica para induzir contrações musculares (Catacuzzeno, 2024). A partir deste momento, a investigação sobre o uso da estimulação elétrica para fins médicos evoluiu continuamente, dando origem ao conceito contemporâneo de EENM.

Esta técnica baseia-se na aplicação de sequências de estímulos elétricos que, ao induzirem repetidas contrações musculares, procuram preservar ou melhorar a função neuromuscular (Maffiuletti, 2023). Atualmente a estimulação elétrica é utilizada em vários contextos, desde o alívio da dor (como a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS)) à reabilitação através da EENM usualmente utilizada para fortalecimento muscular, redução da

atrofia muscular durante a imobilidade e como exercício complementar otimizando os efeitos do treino muscular (Ackermann et al, 2024).

Contração muscular voluntária versus contração muscular induzida por estímulo elétrico (EENM)

A contração muscular voluntária resulta de ativação central, sendo o encéfalo o principal responsável pelo início do estímulo que chega ao músculo (Taher & Al-Sultani, 2023). Este envia o estímulo às fibras nervosas através de sinais elétricos sendo que estes sinais são posteriormente transmitidos às fibras musculares, com o propósito de provocar contração (Taher & Al-Sultani, 2023). Para haver contração muscular tem de existir recrutamento de unidades motoras. Este recrutamento segue o **Princípio de Henneman**, através do qual as unidades motoras são recrutadas de forma ordenada, em função do diâmetro do neurónio motor, começando pelas mais pequenas e progredindo para as maiores, à medida que aumenta a exigência de força muscular. Segundo este princípio, primeiro contraem-se as unidades motoras pequenas (fibras tipo I, de contração lenta e resistentes à fadiga), depois as unidades motoras intermédias (fibras musculares do tipo IIa, de contração rápida e recrutadas em esforços de intensidade moderada) e finalmente as unidades motoras grandes que enervam as fibras musculares do tipo IIb, de contração rápida e menos resistentes à fadiga) (Pham & Puckett, 2023).

O processo de contração muscular assenta em condições básicas, destacando-se a produção de um potencial de ação capaz de iniciar a ativação das fibras musculares. Em condições fisiológicas, este processo resulta da transmissão de impulsos originados no sistema nervoso central, conduzidos pelas vias motoras até ao músculo. Contudo, o músculo não distingue a origem do estímulo elétrico, respondendo de forma semelhante quer aos comandos descendentes do encéfalo, quer aos estímulos artificiais aplicados por electroestimuladores externos (Taher & Al-Sultani, 2023; Maffioletti, 2023). Assim, a EENM mimetiza o padrão natural de ativação voluntária, desencadeando a despolarização das fibras nervosas e a subsequente contração muscular. Este princípio é a base da sua aplicação em contexto clínico, em particular na reabilitação das pessoas em situação crítica, nos quais a preservação da função neuromuscular é considerada determinante para a recuperação funcional (Nakanishi et al., 2023; Guerra-Vega et al., 2025).

Na EENM, a contração muscular não resulta de impulsos voluntários conduzidos pelo sistema nervoso central, mas sim da aplicação de estímulos elétricos externos que podem incidir diretamente sobre o músculo ou sobre o nervo responsável pela sua ativação. Para que a contração ocorra de forma eficaz, é necessário que o estímulo atinja o ponto motor, isto é, a região onde o nervo motor penetra no músculo e onde a estimulação elétrica provoca despolarização com a menor intensidade de corrente possível (Taher & Al-Sultani, 2023). Este ponto, identificado na superfície cutânea, corresponde à zona de maior excitabilidade neuromuscular, permitindo gerar contrações rítmicas, regulares e eficientes. A estimulação adequada destes locais potencia não apenas a contração muscular, mas também a redução de espasmos, a promoção da força e a manutenção da função neuromuscular em contextos de imobilidade prolongada (Maffiuletti, 2023; Guerra-Vega et al., 2025).

A EENM procura mimetizar a contração muscular voluntária, contudo difere desta em vários aspetos fundamentais. Em primeiro lugar, enquanto na ativação fisiológica desencadeada pelo sistema nervoso central o recrutamento das unidades motoras ocorre de forma gradual e seletiva, privilegiando inicialmente as fibras de contração lenta e mais resistentes à fadiga, na EENM o recrutamento é não fisiológico e simultâneo, envolvendo preferencialmente fibras de contração rápida, mais fatigáveis, mas por outro lado é vantajosa para a reabilitação, uma vez que estas são fibras predominantemente enfraquecidas após uma lesão ou cirurgia (Ackermann et al, 2024).

Em segundo lugar, a ordem de ativação também difere: no controlo voluntário segue-se o princípio de Henneman (*size principle*), enquanto na EENM este padrão é invertido ou aleatório (Maffiuletti, 2023). Por outro lado, na contração natural existe uma modulação central do disparo neuronal, permitindo ajustes finos de força e coordenação, ao passo que a EENM gera contrações mais rígidas, sincronizadas e menos moduláveis, limitadas pelas características do estímulo aplicado (Guerra-Vega et al., 2025). Finalmente, a fadiga muscular tende a instalar-se mais precocemente durante a EENM, dado o padrão de recrutamento e a ausência de alternância fisiológica entre unidades motoras ativas e em repouso, característica do controlo voluntário (Nakanishi et al., 2023).

O efeito da EENM no controlo da força depende de vários fatores como os parâmetros de estimulação, características musculares e da própria resposta individual (Borguola et al, 2025).

Os dispositivos utilizados na estimulação programam a EENM segundo vários parâmetros (largura de impulso, frequência, forma da onda, tempo de trabalho/contração (Ton), tempo de descanso (Toff), intensidade, rampa, tempo total de programa) que podemos ver representados na figura 2. Segundo Liebano et al (2021), é importante o objetivo terapêutico para definir os parâmetros, não esquecendo que o principal objetivo é gerar a maior força muscular esquelética possível.

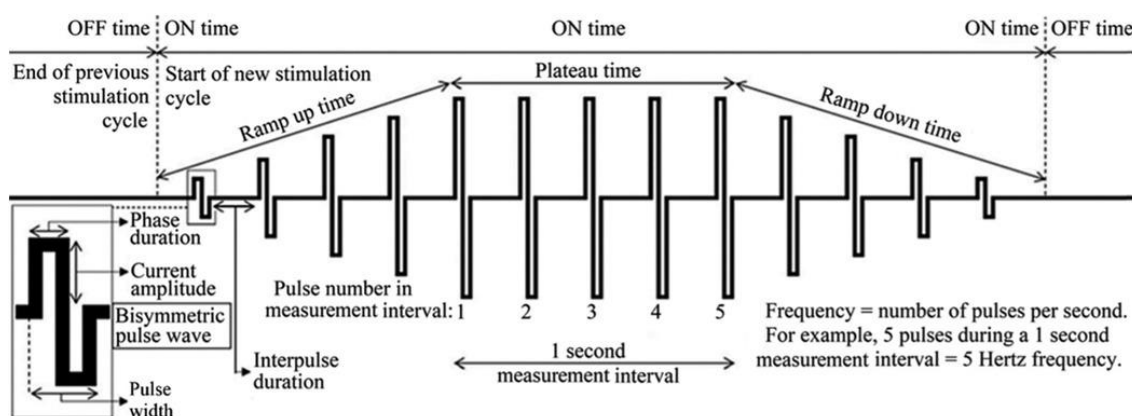


Figura 2: Parâmetros que devem ser ajustados na EENM. Adaptado de Juthberg et al cit por Ackermann et al (2024)

Segundo Liebano et al (2021), existe uma grande variedade de correntes elétricas, ou formas de onda, que podem ser usadas para estimular a contração muscular esquelética. No entanto, a corrente pulsada bifásica simétrica, uma das primeiras formas de onda elétrica usada na contração muscular esquelética, tipicamente de forma quadrada ou retangular, seja o tipo de corrente mais comumente usada em electroestimuladores para induzir a contração muscular.

A forma quadrada da onda da corrente pulsada bifásica simétrica, tem características que segundo Liebano et al (2021) a tornam eficaz para a contração muscular. Para cada pulso há um tempo de subida quase instantâneo, o que significa que o pico de intensidade é

alcançado rapidamente. Em segundo lugar, com a forma quadrada, o pico de intensidade é mantido durante toda a duração de pulso, sem diminuição da intensidade.

A polaridade desta corrente vai relacionar-se com o fato do fluxo de elétrons ocorrer nas duas direções (bidirecional) (Liebano et al, 2021).

A largura de pulso é a medida de tempo para que o pulso saia da linha de base e retorne novamente à mesma (Liebano et al, 2021), normalmente é medida em milissegundos (ms) ou microssegundos μ s. Segundo este autor, quanto maior a largura de pulso, maiores os efeitos da corrente. Na EENM pode-se considerar que largura de pulso maiores associadas a correntes com menor intensidade que podem causar menos desconforto. Segundo Ackermann et al (2024), largura de pulso mais longas, entre 400 e 600 μ s têm como alvo seletivo as fibras motoras, enquanto larguras de pulso mais curtas têm como alvo fibras sensoriais de maior extensão. Consequentemente, larguras de pulso mais longas influenciam positivamente a produção de força muscular.

Já a frequência refere-se à quantidade de pulsos produzidos por segundo (dada em Hertz, Hz), dependendo do objetivo, as frequências podem variar, no entanto frequências entre 30-50 Hz (consideradas estimulações de baixa frequência) são as mais utilizadas quando se pensa em EENM, por causarem menos desconforto e fadiga muscular (Liebano et al, 2021). Segundo o mesmo autor, em alguns estudos, foi demonstrado que a força muscular atingiu um pico com frequências entre 50 e 80 Hz e diminuiu posteriormente. Estes achados sugerem que a frequência ideal para aumentar a força com a EENM deva estar entre 50 e 80Hz. A seleção de uma frequência maior de 80 Hz pode levar a uma fadiga mais precoce e uma frequência menor que 50 Hz pode não provocar a contração muscular intensa suficiente para gerar ganho de força muscular (Liebano et al, 2021).

Relativamente ao tempo de contração/ descanso (Ton/Toff), também designado por ciclo de trabalho, este refere-se ao parâmetro que define a relação entre o tempo em que a corrente está ativa (Tempo On) e o tempo em que está inativa (Tempo off) (Liebano et al, 2021). O tempo ideal de contração/ descanso não está bem definido, mas se o tempo de paragem for demasiado curto, o risco de fadiga aumenta devido à recuperação muscular insuficiente (Ackermann et al, 2024).

A intensidade é a magnitude da corrente (normalmente expressa em mA) que passa pelos elétrodos para atingir o tecido estimulado (Liebano et al, 2021). Normalmente é o parâmetro ajustado no início da aplicação e sofre ajustes ao longo do tempo de exposição. Quanto maior a intensidade, mais unidades motoras são recrutadas, presume-se assim, que quanto maior a intensidade maior a força produzida pela musculatura e maior a fadiga muscular causada pela estimulação (Liebano et al, 2021). A camada adiposa influencia a intensidade visto que pode atuar como um isolante elétrico, levando à necessidade de intensidades maiores da corrente e por isso esta deve ser determinada individualmente (Liebano et al, 2021).

A rampa é também um parâmetro de ajuste que controla o aumento gradual da intensidade da corrente elétrica e o tempo total do programa refere-se à duração total da sessão de EENM. Este último parâmetro também é ajustado de acordo com objetivo terapêutico e condição da pessoa (Ackermann et al, 2024). Segundo este autor, os parâmetros de EENM podem afetar o conforto e a efetividade de estimulação como já foi referido. Assim, o aumento da largura de pulso, frequência e /ou intensidade do pulso leva ao recrutamento de mais fibras musculares, resultando num maior ganho de força muscular, no entanto também afetam o conforto da pessoa.

1.3 A Electroestimulação neuromuscular em contexto de cuidados intensivos

A EENM configura-se como uma intervenção terapêutica adjuvante no contexto da mobilização precoce de pessoas em situação crítica, apresentando particular relevância nos casos em que o doente se encontra inconsciente/sedado durante os primeiros dias de internamento em unidade de cuidados intensivos (Li et al, 2024). É uma técnica largamente utilizada como complemento ou substituto de programas de tratamento convencionais, com o objetivo de melhorar, restaurar ou preservar a função neuromuscular e é aplicada em situações crónicas ou agudas, podendo ser aplicada num músculo inativo ou durante a atividade muscular voluntária (Balke et al, 2022) (Maffiuletti et al, 2023).

A introdução de algum nível de contração muscular pela aplicação da EENM somada a um suporte nutricional adequado pode aumentar a síntese proteica muscular e prevenir ou atenuar a perda muscular por imobilidade (Campos et al, 2025).

Segundo Plentz & Sbruzzi (2020), os principais objetivos da utilização desta intervenção nas pessoas em situação crítica são:

- Reduzir o tempo de ventilação mecânica e de internamento em UCI;
- Melhorar a funcionalidade;
- Prevenir o desenvolvimento da FMACI e da polineuropatia periférica;
- Manter ou aumentar a massa muscular, a força e o volume muscular.

A EENM como já foi referido tem como principal objetivo evitar ou atenuar a fraqueza muscular. Segundo Campos et al (2025), para maximizar a força muscular gerada com a EENM, é recomendado o uso de corrente pulsada bifásica retangular, com pulsos entre 100 e 400 μ s e frequência de estímulo entre 50 a 100Hz, embora exista grande variedade de protocolos de atuação. A intensidade da corrente deve ser regulada segundo a tolerância da pessoa, sendo que nas situações em a pessoa esteja sedada ou esteja inconsciente, deva ser ajustada de forma a provocar contração muscular visível ou palpável, verificando sempre o conforto através das escalas de dor mais adequadas à situação como a Behavioral Pain Scale (BPS) ou a Critical Care Pain Observation Tool (CPOT) (Plentz & Sbruzzi, 2020). O ciclo de trabalho deve ser incremental com a relação de 1 segundo de contração para 3 segundos de relaxamento (1:3) podendo aumentar nas pessoas com atrofia muscular (Plentz & Sbruzzi, 2020). O tempo de sessão pode ir até 30 minutos (min), sendo recomendado iniciar com tempo de 15 min e ir progredindo com acréscimo de 5 min a cada dois dias até chegar aos 30 min (Plentz & Sbruzzi, 2020). Alguns protocolos apresentam tempos de sessão mais longos, até aos 60 min, mas é importante ajustar o tempo e a intensidade de acordo com o aparecimento da fadiga, avaliada pela monitorização dos sinais vitais como a FC, PA, FR, SatO₂, dor ou agitação (Campos et al, 2025) e quando o músculo não responder deve-se interromper a EENM pois foi atingido o ponto de fadiga tolerável (Plentz & Sbruzzi, 2020).

É ainda importante para maximizar o ganho de força que os elétrodos utilizados sejam adequados à área estimulada e que o local estimulado seja posicionado de forma a otimizar a contração muscular (Plentz & Sbruzzi, 2020),

Quando a estimulação elétrica é utilizada para ganho de força muscular, é importante lembrar dois princípios fundamentais da fisiologia músculo-esquelética; **o Princípio de**

comprimento-tensão e a **Relação força-velocidade** (Liebano et al, 2021). Segundo o princípio de comprimento-tensão, a força desenvolvida por uma fibra muscular depende do seu comprimento inicial, existindo um ponto ótimo em que a sobreposição dos filamentos de actina e miosina permite a contração mais eficaz. Segundo este princípio, quando o músculo está encurtado ou alongado além do comprimento ideal, a capacidade contráctil dos sarcómeros encontra-se comprometida. De uma perspectiva funcional, o comprimento ideal de um músculo pode ser definido como a posição da articulação ou comprimento do músculo em que a maior força muscular possa ser gerada (Liebano et al, 2021). Neste contexto, a posição adotada pelo músculo ou grupo muscular durante a aplicação da EENM assume particular relevância, uma vez que a colocação numa postura intermédia — isto é, nem excessivamente encurtada nem demasiado alongada — potencia a sua capacidade contráctil e, conseqüentemente, a eficácia do estímulo aplicado (Liebano et al., 2021).

O segundo princípio fundamental da fisiologia músculo-esquelética é o de **relação força-velocidade** descreve o princípio segundo o qual a força desenvolvida por um músculo diminui à medida que aumenta a velocidade de contração, atingindo o seu valor máximo em contrações isométricas. À luz deste princípio, nas contrações isométricas há maior produção de força muscular comparativamente com contrações isotónicas (contração muscular com encurtamento para produzir movimento). A utilização destes dois princípios é, neste sentido, recomendada, uma vez que em conjunto aumentam a eficácia da intervenção (Liebano et al, 2021).

Relativamente aos grupos musculares alvo de EENM, Bao et al (2022), demonstrou que a estimulação de um único grupo muscular por EENM, promoveu a perda lenta da amplitude de movimento e diminuiu a atrofia muscular. Ainda assim, esse efeito foi maior quando implementada uma estimulação combinada (músculo agonista/ antagonista de EENM). Uma possível razão para esse resultado é que a estimulação dos músculos agonistas e antagonistas pode gerar e transmitir a resistência à articulação, uma vez que fortalece os músculos a protege a articulação (Bao et al, 2022). Outros efeitos da estimulação alternada (agonista/antagonista) é a menor rigidez articular, maior amplitude de movimento passivo e melhor desempenho funcional global (Bao et al, 2022). Estimular músculos agonistas e antagonistas com EENM em pessoas em situação crítica na UCI tem

benefícios, com ênfase na prevenção de desequilíbrios musculares e rigidez articular, bem como na perda da amplitude de movimento.

Existem certas situações que limitam o uso da EENM como por exemplo a gravidez, grandes queimados, pessoas com fraturas instáveis, presença de pacemaker, próteses metálicas e certas patologias prévias, como por exemplo a epilepsia. Estas situações devem ser consideradas na implementação da EENM, permitindo uma melhor compreensão da efetividade da terapia (Bao et al., 2022).

Existem vários estudos que demonstram a evidência científica sobre a utilização da EENM em UCI. Num estudo retrospectivo realizado por Miyagishima et al (2024), procurou-se esclarecer o efeito preventivo da EENM durante a sedação profunda na FMACI e na função motora na alta em pessoas em situação crítica com COVID e Síndrome de dificuldade respiratória aguda. Os resultados obtidos permitiram concluir que a incidência de FMACI foi significativamente mais baixa no grupo que recebeu EENM em comparação com o grupo que não havia recebido.

Outro estudo, desenvolvido por Bao et al (2022) com o objetivo de comparar a eficácia e segurança da EENM para prevenir atrofia muscular em pessoas em situação crítica sem lesão nervosa, demonstrou que a força muscular do gastrocnêmio, a amplitude da articulação do tornozelo e a área muscular transversal da perna, nos três grupos apresentaram uma tendência decrescente, indicando atrofia muscular. No entanto, a diminuição da força do músculo nos grupos experimental I e II, foi menor que no grupo de controle.

Yustiawan et al (2024), analisaram o efeito da EENM na força muscular global, no músculo quadríceps femoral e nos níveis da enzima creatinaquinase em pessoas com FMACI, concluído que a terapia com EENM aumenta a força global e do músculo quadríceps femoral bem como reduz significativamente os níveis de creatinaquinase (enzima presente em caso de lesão ou doenças neuromusculares).

Por último, Tsuchikawa et al (2024), investigaram o efeito da EENM nas pessoas internadas em UCI com diagnóstico de COVID na fase aguda da doença, com insuficiência respiratória e submetidas a ventilação mecânica invasiva e neste estudo não houve diferença significativa na escala MRC e na escala de mobilidade da UCI.

1.4 Papel do enfermeiro de Reabilitação na pessoa com FMACI

O reconhecimento das complicações decorrentes do internamento prolongado em unidades de cuidados intensivos, nomeadamente da FMACI, tem contribuído para a transformação do paradigma assistencial nas últimas décadas. A sedação contínua mostrou estar associada a um maior tempo de ventilação mecânica e de internamento (Rawal et al., 2023). Em contrapartida, estratégias como a interrupção diária da sedação e a mobilização precoce demonstraram eficácia na redução de complicações e na promoção da recuperação funcional (Schweickert et al., 2022; Waldauf et al., 2020). Este cenário veio reforçar a importância da integração da reabilitação precoce como componente essencial do tratamento, desde os primeiros dias de internamento até ao acompanhamento em regime ambulatório (Balke et al., 2022). Neste âmbito, o EEER assume um papel fundamental ao integrar intervenções que visam não apenas a sobrevivência, mas também a recuperação funcional e a qualidade de vida das pessoas em situação crítica. Pelas suas competências, assume um papel importante, enquanto membro da equipa multidisciplinar, mobilizando conhecimentos com elevado grau de especificidade, que lhe permitem conceber, implementar e monitorizar planos de reabilitação diferenciados, baseados em problemas reais e potenciais da pessoa crítica (Regulamento n.º 392/2019, Ordem dos Enfermeiros). A sua intervenção, realizada ao longo das fases do processo de enfermagem, engloba a avaliação funcional precoce, a prescrição e execução de intervenções terapêuticas individualizadas, a prevenção de complicações secundárias à imobilidade e a promoção da recuperação da autonomia funcional (Prazeres et al., 2021; Mendes et al., 2023).

A prática clínica do EEER neste contexto é ainda enquadrada por feixes de cuidados recomendados internacionalmente, como a bundle ABCDEF, que é um conjunto estruturado de intervenções baseadas na evidência, desenvolvido para otimizar os cuidados prestados a pessoas internadas em UCI com o objetivo de reduzir complicações associadas ao internamento onde se inclui a FMACI. Estas intervenções incluem a avaliação, prevenção e tratamento da dor (A); coordenação do despertar com o treino de ventilação espontânea (B); escolha de sedação e analgesia (C); avaliação, prevenção e tratamento do delírio (D); mobilização e reabilitação precoce (E); e envolvimento e empoderamento da família (F). Apesar de todos os feixes serem importantes, no contexto da enfermagem de reabilitação, a

mobilização e reabilitação precoce tem particular interesse sendo uma das áreas-chave de intervenção (Mendes et al., 2023).

A mobilização precoce, pode ser definida, como “*qualquer forma de exercício ativo ou passivo iniciado nos primeiros dias do internamento em cuidados intensivos, que envolva participação parcial ou total da pessoa na atividade, com o objetivo de preservar ou recuperar a função motora*” (Rawal et al., 2024). Esta definição integra um conjunto de intervenções que podem variar desde movimentos passivos em leito até atividades mais complexas, como sentar, adotar a posição de ortostatismo, realizar treino de marcha e desempenhar atividades de vida diária. A sua implementação deve ser ajustada ao estado de consciência, à força muscular e à tolerância clínica da pessoa, permitindo uma progressão que normalmente se inicia na mobilização articular passiva e pode evoluir até ao treino de marcha (Rawal et al., 2024; Balke et al., 2022).

De acordo com as recomendações da *European Society of Intensive Care Medicine* e da *European Respiratory Society*, a mobilização precoce deve iniciar-se idealmente entre o primeiro e o quarto dia após o início da ventilação mecânica, adaptando-se ao nível de consciência, estabilidade clínica e força muscular da pessoa (Mendes et al., 2023).

Neste processo, o EEER aplica intervenções específicas de enfermagem de reabilitação, como por exemplo a mobilização articular, alongamentos e treino muscular, com o objetivo de preservar a mobilidade articular, manter a integridade muscular e reduzir o risco de contraturas em doentes incapazes de se movimentar autonomamente (Mendes et al., 2023). A utilização de dispositivos semiautomáticos, como cicloergómetros (de membros superiores e inferiores) em modos passivo, ativo-assistido ou ativo e a EENM, possibilita ao EEER mitigar os efeitos da imobilidade e potenciar trabalho muscular promovendo o fortalecimento muscular e reduzindo a perda de força e massa musculares. (Waldauf et al., 2020; Burgess et al., 2021).

Na última década, têm emergido tecnologias inovadoras que progressivamente se incorporam na prática de enfermagem de reabilitação neste contexto, destacando-se a realidade virtual e a inteligência artificial (IA). A utilização de realidade virtual tem apresentado resultados superiores face às metodologias tradicionais, evidenciando maior eficácia na reabilitação motora, na promoção do equilíbrio, na melhoria da marcha funcional e na recuperação das funções dos membros superiores e inferiores (He et al., 2025). Paralelamente, a IA apresenta um elevado potencial para transformar a prática EEER, ao possibilitar o desenvolvimento de programas de reabilitação altamente personalizados,

adaptados às necessidades e evolução clínica da pessoa, permitindo fornecer *feedback* em tempo real, antecipando e prevenindo complicações, apoiando a tomada de decisão clínica em momentos críticos, nomeadamente na definição do timing mais adequado para a extubação (Zeydi & Karkhad, 2024; Suresh et al., 2024). Neste enquadramento, a integração destas tecnologias representa uma oportunidade significativa para potenciar a eficácia das intervenções de enfermagem de reabilitação, melhorar os resultados clínicos e funcionais e, simultaneamente, contribuir para a humanização e inovação dos cuidados em unidades de cuidados intensivos.

Após a alta da unidade de cuidados intensivos, EEER assume particular relevância na continuidade de cuidados, assegurando a transição segura e a adaptação progressiva da pessoa a novos contextos de vida (You et al, 2025). Deste modo, o papel do EEER é determinante na abordagem à pessoa com FMACI, combinando intervenções terapêuticas diferenciadas, utilização de tecnologias inovadoras e competências de capacitação do doente e família, contribuindo não apenas para a recuperação funcional durante a fase crítica, mas também para a melhoria da qualidade de vida após a alta da UCI.

Paralelamente, a capacitação da pessoa e dos cuidadores constitui um eixo central da intervenção do EEER após a alta, especialmente na promoção do autocuidado, no ensino de técnicas específicas para a gestão da funcionalidade residual e no apoio à adaptação a eventuais limitações físicas ou cognitivas.

2. METODOLOGIA

Neste capítulo, descrevem-se de forma pormenorizada as etapas que compõem a metodologia adotada, com vista à concretização dos seguintes objetivos:

- Identificar os programas de EENM direcionados à pessoa em situação crítica;
- Sintetizar os dados provenientes de estudos de revisão sistemática que avaliem os efeitos da EENM na pessoa em situação crítica, através da realização de uma *umbrella review*;
- Determinar o impacto dos programas de EENM na força muscular, na massa muscular e no tempo de internamento em UCI;
- Propor um programa de EENM para a pessoa em situação crítica, estruturado de acordo com o acrónimo FITT (Frequência, Intensidade, Tempo e Tipo).

2.1 Problemática e finalidade

A taxa de incidência da FMACI é marcada por uma ampla variabilidade, situando-se entre 50% e 80% (Zhang et al, 2025). Estas pessoas tendem a ter internamentos hospitalares mais prolongados, necessidade de ventilação mecânica por períodos extensos, maiores custos em saúde, diminuição da qualidade de vida e uma taxa de mortalidade superior no primeiro ano após a alta (Meyer-Frießem et al, 2020). A intervenção precoce na pessoa em situação crítica podem ser a chave para minimizar a morbilidade e reduzir os déficits prolongados no estado funcional destas pessoas. Entre as intervenções destinadas à prevenção da FMACI, destaca-se a mobilização precoce, uma vez que a implementação atempada de exercício físico e o incentivo à mobilização, logo que clinicamente possível, contribuem significativamente para a preservação da função muscular (Petrucci et al., 2025). Paralelamente, a utilização combinada da EENM e mobilização articular evidencia um impacto positivo na função muscular após a diminuição da sedação, assim como na redução da incidência de delírio (Petrucci et al., 2025).

A mobilização precoce revelou-se segura e fiável neste contexto na prevenção de problemas físicos gerados pela imobilidade (Miranda & Duarte, 2022), no entanto, depende de colaboração do doente e esse facto não acontece em doentes sedados. Tornou-se, assim,

evidente a necessidade de recorrer a procedimentos que possibilitem a mobilização precoce, independentemente da capacidade funcional ou da colaboração do doente, como é o caso da EENM. A possibilidade de iniciar esta intervenção desde a fase inicial da doença crítica, nos primeiros dias de internamento em UCI, mesmo em situações de sedação, reforça o seu valor enquanto opção terapêutica, pela evidência dos efeitos benéficos na preservação da massa e da força musculares (Grunow et al., 2019).

Neste âmbito, importa conhecer de forma clara o que a literatura evidencia relativamente aos efeitos da EENM na pessoa em situação crítica, bem como às orientações existentes para a sua prescrição. Assim, o presente trabalho desenvolve uma análise estruturada sobre esta intervenção e sobre os seus potenciais benefícios, procurando, identificar os contributos desta intervenção para a prática especializada de Enfermagem de Reabilitação.

2.2 Desenho do estudo

A investigação em cuidados intensivos tem revelado um interesse crescente na utilização da EENM como estratégia complementar na prevenção das complicações associadas à imobilidade prolongada. Nos últimos anos, têm sido publicadas várias revisões sistemáticas e meta-análises que procuram sintetizar a evidência disponível, embora apresentem heterogeneidade metodológica e resultados por vezes divergentes. Esta realidade reforça a necessidade de abordagens de síntese mais abrangentes, capazes de integrar criticamente o conjunto das revisões existentes e fornecer uma visão global da efetividade e segurança da EENM em pessoas em situação crítica. A escolha de uma *umbrella review* para a análise da evidência relativa à EENM em contexto de cuidados intensivos fundamenta-se na necessidade de sintetizar, de forma rigorosa e abrangente, os resultados já consolidados em revisões sistemáticas e meta-análises. Este desenho metodológico, permite não só integrar a totalidade da evidência disponível como também avaliar a qualidade metodológica das revisões incluídas. A sua utilização possibilita identificar consistências e divergências entre revisões, estimar de forma mais robusta os efeitos da EENM na preservação da massa e força musculares e compreender a sua aplicabilidade clínica em pessoas em situação crítica. Adicionalmente, este tipo de revisão contribui para a identificação de lacunas de conhecimento, orientando futuras investigações e fornecendo

aos profissionais de saúde uma base de evidência sólida para a tomada de decisão clínica (Donato & Donato, 2024).

Esta revisão seguiu as diretrizes do Joanna Briggs Institute (JBI, 2020) tendo por base o Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Checklist como guideline de suporte (Anexo II).

A formulação da questão de revisão foi orientada pela razão principal desta revisão, ou seja, resumir os resultados das revisões sistemáticas sobre programas de EENM na pessoa em situação crítica. Neste sentido, estabeleceu-se a seguinte questão de revisão: *“Qual a efetividade do uso da electroestimulação neuromuscular, na pessoa em situação crítica internada em cuidados intensivos?”*

Para responder de forma mais específica à questão de revisão foi formulada a seguinte questão suplementar que subsidia a questão de revisão:

- Qual o impacto do uso da electroestimulação neuromuscular na força muscular, na massa muscular e no tempo de internamento, na pessoa em situação crítica internada em cuidados intensivos?

A questão de revisão principal e a questão suplementar seguem metodologicamente o acrónimo PICOT (JBI, 2020) (tabela 1). A **população** refere-se à pessoa adulta em situação crítica internada em UCI, a **intervenção** diz respeito à electroestimulação neuromuscular, o **comparador** foram os cuidados habituais, os **outcomes** foram a força muscular, a massa muscular e o tempo de internamento em UCI, **finalmente** os tipos de estudo foram as revisões sistemáticas com ou sem meta-análise até janeiro de 2025.

Tabela 1: Aplicação do método PICOT

POPULAÇÃO	Pessoa adulta em situação crítica em UCI
INTERVENÇÃO	Electroestimulação neuromuscular
COMPARADOR	Sem intervenção (Cuidados habituais)
OUTCOMES	Força muscular, massa muscular e tempo de internamento
TIPO DE ESTUDO	Revisões Sistemáticas até janeiro de 2025

Ainda relativamente ao tipo de estudos a incluir nesta revisão, foram incluídas nesta revisão todas as revisões sistemáticas quantitativas de estudos empíricos (como ensaios clínicos randomizados ou observacionais). Foram excluídas desta revisão revisões narrativas, scoping reviews, ou revisões assentes em dados qualitativos ou métodos mistos. (JBI,2020). A qualidade metodológica dos artigos encontrados foi avaliada por forma a incluir somente os estudos que apresentam avaliação superior ao valor médio da escala *JBI Critical Appraisal Checklist for Systematic Reviews and Research Syntheses* (Anexo II).

O protocolo de pesquisa foi registado na plataforma Open Science Framework (OSF) (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/GSD46>)

2.3 Estratégia de pesquisa

A definição de uma estratégia de pesquisa clara e sistemática constitui um passo fundamental no desenvolvimento de uma *umbrella review*, garantindo a abrangência e a transparência do processo de recolha da evidência científica. Esta estratégia, deve ter como objetivo identificar as sínteses de evidência relevantes para a questão da revisão, obedecendo aos critérios de inclusão e exclusão (JBI,2020).

Os artigos considerados para esta *umbrella review* atenderam aos seguintes critérios de inclusão:

- Revisões sistemáticas da literatura de estudos com pessoas de idade igual ou superior a 18 anos, em situação crítica internadas em unidades de cuidados intensivos e submetidas a EENM de forma isolada ou combinada com outras intervenções;
- Revisões sistemáticas que avaliem os efeitos da utilização da EENM em pessoas em situação crítica internadas em unidades de cuidados intensivos;
- Estudos que comparem a intervenção com placebo ou com outras intervenções não farmacológicas;
- Estudos publicados em português e inglês até janeiro de 2025.

Foram excluídas revisões sistemáticas da literatura que incluam:

- Revisões que incluam pessoas com doenças neuromusculares;
- Revisões cuja intervenção seja de outro âmbito que não a EENM;
- Revisões que não tenham qualidade metodológica.

Não foram incluídos nesta revisão literatura cinzenta uma vez que a ausência de revisão por pares e de critérios metodológicos uniformes poderia comprometer a qualidade da evidência e a comparabilidade dos resultados.

A pesquisa nas bases de dados foi efetuada no dia 17 de fevereiro de 2025, nas bases de dados PubMed (via MedLine Complete), CINAHL Complete (via EBSCO), Scopus e PEDro. Os termos relacionados com as palavras-chave a investigar foram definidos com base nos descritores indexados em cada base de dados (MeSH, CINAHL Headings) e complementados por descritores pertinentes à área temática, recorrendo a linguagem natural adaptada às especificidades de cada plataforma de pesquisa. Para alcançar o objetivo, foi elaborada uma frase booleana combinando os descritores escolhidos com os operadores booleanos OR e AND (tabela 2).

Tabela 2: Estratégia de pesquisa

Frase booleana: CINAHL Complete [®] (via EBSCO)
PubMed [®] (via MedLine Complete]
(((MH “Muscle weakness”) OR (MH “Muscle strengths”) OR (MH “Muscular atrophy”) OR (MH” Critical Illness Polyneuropathy”) OR (MH “lower limb muscle atrophy”) OR (MH “intensive care unit-acquire weakness”))) AND (((MH “Intensive care Units” OR (MH “Critical care”) OR (MH “Intensive care”) OR (MH“ Critical illness”))) AND (((MH “Electric stimulation”) OR (MH “Electric stimulation therapy”) OR (MH “neuromuscular electrical stimulation”)) AND ((MH“ Rehabilitation”) OR “Rehab*))))
Frase booleana: Scopus [®]
TITLE-ABS-KEY ((“Muscle weakness”) OR (“Muscle strengths”) OR (“Muscular atrophy”) OR (“ Critical Illness Polyneuropathy”) OR (“lower limb muscle atrophy”) OR (“intensive care unit-acquire weakness”)) AND TITLE- ABS-KEY (“Intensive care Units” OR (“Critical care”) OR (“Intensive care”) OR (“Critical illness”)) AND TITLE-ABS-KEY (“Electric stimulation”) OR (“Electric stimulation therapy”) OR (“neuromuscular electrical stimulation”) AND TITLE-ABS-KEY (“Rehabilitation”) OR “Rehab*”)
Frase booleana: PEDro [®]
“Electric stimulation” AND “Intensive care”

2.4 Seleção de artigos

Uma vez definida a questão de investigação, estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão e delineada a estratégia pesquisa, inicia-se o procedimento de seleção dos estudos (JBI, 2020).

Após a aplicação da frase booleana nas diferentes bases de dados, todos os artigos foram exportados para o programa Rayyan[®] (Quatar computing Research Institute - QCRI) para análise e remoção de duplicados. Dois revisores independentes analisaram todos os artigos por título e resumo segundo os critérios de inclusão, permitindo obter uma lista de verificação de elegibilidade para determinar a seleção dos estudos. Qualquer divergência

foi discutida até consenso existindo um terceiro elemento para consulta em caso de discordância. O processo de seleção e extração dos artigos encontra-se apresentados no diagrama PRISMA ilustrado na figura 3

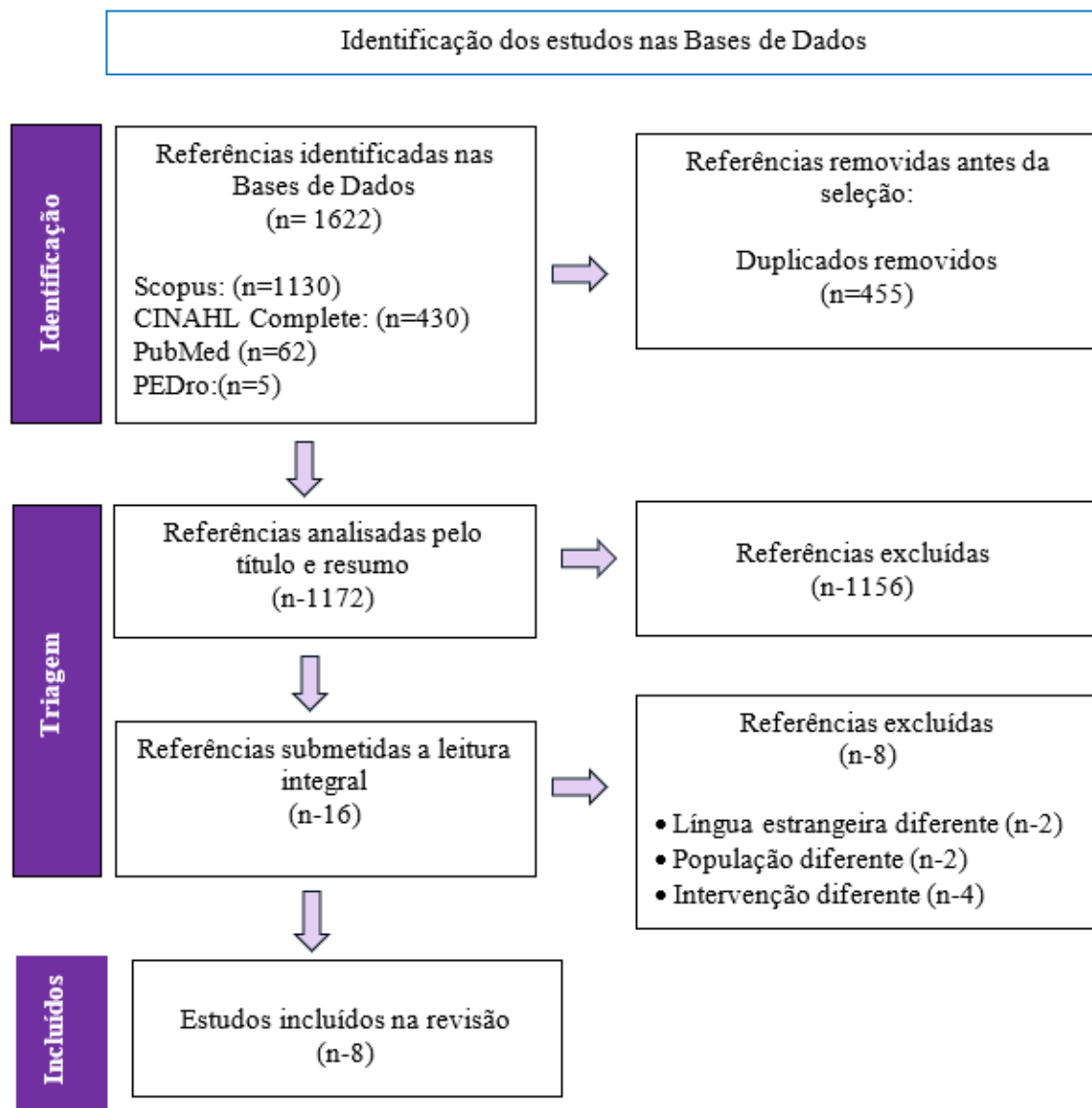


Figura 3 – Processo de seleção e extração de artigos – Diagrama PRISMA

2.4.1 Avaliação da qualidade metodológica das revisões

A avaliação da qualidade metodológica das revisões incluídas constitui uma etapa essencial no processo de desenvolvimento de uma *umbrella review*, uma vez que assegura a credibilidade e robustez da evidência sintetizada (JBI, 2020). Esta avaliação deve ser

realizada através de instrumentos validados, que permitem analisar de forma sistemática aspetos como a clareza da questão de investigação, a adequação da estratégia de pesquisa, a transparência na seleção dos estudos, a avaliação crítica das fontes primárias e a consistência na apresentação dos resultados. A aplicação destes critérios possibilita classificar a qualidade das revisões incluídas, identificar potenciais limitações metodológicas e ponderar o peso da evidência na formulação de conclusões clínicas e recomendações para a prática.

Para avaliar a qualidade metodológica dos artigos encontrados foi utilizada a JBI Critical Appraisal Checklist for Systematic Reviews and Research syntheses (anexo I) que é constituída por 11 questões, sendo a classificação final da qualidade metodológica a seguinte:

- Muito baixa qualidade: 0-3 pontos
- Baixa Qualidade: 4-6 pontos
- Moderada Qualidade: 7-9 pontos
- Elevada Qualidade: 10-11 pontos

Os critérios para avaliação, estão definidos em 11 pontos e para cada um é atribuída a classificação “**Yes**”, se critério atingido, “**No**” se critério não atingido, “**Unclear**” se o critério não é explícito e “**Not applicable**” quando não aplicável (Aromataris et al, 2015). O ponto de corte definido para esta revisão foi de sete, correspondente a moderada qualidade. Embora o JBI não estabeleça um ponto de corte específico, a literatura recomenda que a definição de critérios operacionais seja clara, justificada e consistente com os objetivos da revisão. O limiar de sete itens estabelecidos, permitiu incluir estudos com qualidade metodológica moderada, assegurando que as principais dimensões da validade — como a clareza da pergunta de investigação, a adequação da estratégia de busca, a avaliação crítica e a extração de dados — estão devidamente contempladas. Esta decisão visou encontrar um equilíbrio entre o rigor metodológico e a abrangência da evidência, garantindo a solidez das conclusões sem excluir contribuições potencialmente relevantes para a síntese (Aromataris & Munn, 2020; Pollock et al., 2019; JBI, 2020).

A avaliação foi realizada de forma cega e independente pelos revisores. Os dois revisores concordaram com a avaliação dos estudos selecionados, no entanto, na eventualidade de não ter existido consenso existiu um terceiro revisor disponível.

De acordo com os critérios definidos, foram incluídos todos os artigos na revisão (tabela 3). Seis artigos apresentam moderada qualidade, sendo dois qualificados como de elevada qualidade.

Tabela 3: Avaliação da Qualidade das Revisões incluídas, através da JBI Critical Appraisal Checklist for Systematic Reviews and Research syntheses

ID	Autor	Critérios											Total
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	
E1	Williams & Flynn (2013)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	U	N/A	N	Y	Y	8/11
E2	Ferreira, Vanderlei, & Valenti (2014)	Y	Y	Y	Y	Y	U	N	N/A	N	Y	Y	7/11
E3	Zayed Y et al (2019)	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	10/11
E4	Sepúlveda-Jofré et al (2021)	Y	Y	U	Y	Y	Y	Y	N/A	N	Y	Y	8/11
E5	Gutiérrez-Arias et al (2022)	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N/A	Y	Y	Y	9/11
E6	Wageck et al (2014)	U	Y	Y	Y	U	Y	Y	Y	Y	Y	Y	9/11
E7	Moraes, Costa & Nascimento (2019)	Y	Y	Y	Y	N	Y	U	N/A	N	Y	Y	7/11
E8	Li L. et al (2024)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	11/11
Y=Yes; N= No; U= Unclear; N/A= Not Aplicable													

2.5 Extração de dados

A extração de dados representa uma etapa central no processo de realização de uma *umbrella review*, permitindo sistematizar a informação relevante proveniente das revisões

incluídas. De acordo com as orientações metodológicas do *Joanna Briggs Institute* (JBI, 2020), esta fase deve seguir procedimentos padronizados, assegurando consistência e transparência na recolha da evidência. A extração foi realizada por dois revisores independentes através da elaboração de uma tabela de extração previamente estruturada. Reduzindo o risco de viés através de uma extração bem planeada, minimizando o risco de omissões ou interpretações erradas dos dados e servindo desta forma de base para a síntese narrativa ou quantitativa, que se baseie numa coleção de dados fiável e exaustiva (Lizarondo et al, 2025; Afifi et al, 2023).

2.6 Análise de dados

A análise de dados permite sintetizar e interpretar criticamente os resultados de várias revisões sistemáticas, oferecendo uma visão clara e confiável do corpo de evidência existente sobre um determinado tema (JBI, 2020). De acordo com as metodologias mais recentes do JBI, esta fase ultrapassa a mera enumeração de resultados: implica avaliar a consistência entre os estudos, a força dos seus efeitos e a aplicabilidade das conclusões ao contexto clínico ou populacional relevante (JBI, 2025; Kolaski et al., 2023).

Assim, após a síntese dos conteúdos nas tabelas de extração criadas, procedeu-se à análise dos dados. Este processo envolveu uma comparação indireta, na qual foram examinados os impactos da intervenção (EENM) para identificar se os achados poderiam gerar recomendações para a prática clínica ou linhas de pesquisa futuras, visando o desenvolvimento de um programa de EENM para pessoas em situação crítica.

3. RESULTADOS

Nesta revisão foram incluídos oito artigos, selecionados por apresentarem evidência pertinente para responder aos objetivos desta revisão sobre o impacto da electroestimulação neuromuscular na pessoa em situação crítica. Para sistematizar a análise, os artigos foram codificados. Este capítulo apresenta, de forma organizada, as características dos artigos incluídos, as especificidades dos estudos e da intervenção, bem como os principais *outcomes* identificados.

3.1 Características dos artigos

Dos oito artigos incluídos nesta revisão, todos correspondem a revisões sistemáticas, sendo que quatro integraram meta-análise. Relativamente ao período temporal a revisão incluiu um artigo de 2013 (E1), dois artigos de 2014 (E2 e E6), dois artigos de 2019 (E3 e E8), um de 2021 (E4), um de 2022 (E5) e um de (E7). A origem dos artigos foi maioritariamente brasileira com três artigos (E2, E6 e E8) seguido do Chile com dois (E4 e E5) e posteriormente a China (E7), Reino Unido (E1) e os Estados Unidos da América (E3) com um artigo cada. A maior parte dos artigos seguiram as orientações para as revisões sistemáticas e meta-análise constantes no PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis) (E2, E3, E5, E6, E7, E8), sendo que apenas dois artigos usaram outras orientações. No artigo E1 foi utilizado o manual do Centre for Reviews and Dissemination 2009 da University of York e no artigo E4 não é referida qual a orientação utilizada, apenas a escala utilizada na avaliação metodológica dos estudos, que neste caso particular foi a escala PEDro. Nos artigos incluídos, os objetivos enunciados visam determinar os efeitos da electroestimulação neuromuscular na pessoa em situação crítica. (Tabela 4).

Para facilitar a análise dos resultados obtidos iremos dividir a nossa análise em dois grupos: características dos estudos e características da intervenção.

Características dos estudos

Foram incluídos 8 artigos nesta *umbrella review* que dizem respeito a revisões sistemáticas de estudos randomizados controlados com grupo de controle. Cada artigo tem no

mínimo 4 e no máximo 23 estudos sendo que 4 desses artigos procederam também a meta-análise (E3, E5, E6, E7).

No artigo E7 fazem parte 23 estudos, sendo que para esta revisão apenas foram considerados 16. A razão para esta exclusão deveu-se à alteração do tipo de corrente diferente da utilizada na EENM e também utilização de electroestimulação diafragmática em alguns estudos.

Na tabela 4, são apresentados os objetivos de cada um dos artigos incluídos e a descrição da amostra relativamente ao número, idade, género e motivo de internamento em UCI dos participantes.

O número de participantes em cada artigo, variou entre 91 (E2) e 880 (E7). Relativamente à média de idades, no artigo E2 variou entre 52-79 anos, no artigo E3 a média de idade foi de $60 \pm 15,3$ anos, em E7 a média foi de 60 anos e em E5 a média de idades situou-se nos 65,1 anos. No artigo E8 a média de idades foi entre 44-72 anos e no artigo E4 oscilou entre 77,7 a 54 anos. Relativamente ao género, alguns artigos não identificaram o género dos participantes (E2, E4, E6), sendo que nos restantes artigos o género é predominantemente masculino. O motivo de internamento em UCI é diversificado sendo que seis artigos referem motivo de internamento sépsis/choque séptico (E1, E2, E3, E4, E6, E8), cinco reportam insuficiência respiratória e DPOC agudizada (E2, E3, E4, E6, E8), quatro incluem causas neurológicas (E3, E4, E6, E8), três pós-operatório (E4, E6, E8), dois trauma (E4, E6), dois doença cardíaca (E6, E8), e dois outras causas não especificadas (E4, E8).

Tabela 4: Apresentação de resultados (ID, Autores, Ano, Objetivo, Características dos Estudos, Características dos Participantes).

ID	Autor Ano, País	Objetivos	Características dos estudos		Participantes			
			Número de estudos	MA	Número	Género	Idade (média)	Motivo de internamento
E1	Williams, N et al (2013) Reino Unido	Avaliar a eficácia da EENM.	8 N=2 RCT 2 braços: GI e GC N=2 RCT com 2 GI N=4 Estudos observacionais	0	N=8 351 GI - 211 GC - 140	NR	NR	N=6/8 NR N=1/8 sépsis N=1/8 choque séptico
E2	Ferreira, L. et al (2014) Brasil	Analisar os efeitos da EENM em doentes graves assistidos em cuidados intensivos	4 N=4 RCT	0	N=4 91 GI - 49 GC - 42	NR	N=4 (média =52-79)	N=2/4 NR N=1/4 sépsis N=1/4 DPOC crónico
E3	Zayed Y et al (2019) Estados Unidos da América	Examinar o efeito da EENM na prevenção da miopatia do doente crítico e o seu efeito em vários outcomes clínicos nos cuidados intensivos	6 N=6 RCT 2 braços: GI e GC	5	N=6 718 GI - 312 GC - 406	N=6 (masculino 60,6%) (feminino 39,4%)	N=6 média= 60	N= 5/6 N= 4/6 sépsis/choque séptico N= 5/6 Insuf. Resp. N= 3/6 causa neurológica
E4	Sepúlveda-Jofré P. et al (2021) Chile	Estabelecer a eficácia da EENM na modificação da massa/força muscular esquelética em doentes críticos e estabelecer recomendações/limitações para a sua utilização na prática clínica.	7 N=7 RCT 2 braços: GI e GC	0	N=7 603 GI - 299 GC - 304	NR	N=7 média GC: (56 -73,8) média GI: (54-77,7)	N=5/7 sépsis N= 3/7 DPOC N= 5/7 Insuf. Resp. N= 4/7 Trauma N=2/7 causa neurológica N= 1/7 causa gastrointest.. N= 1/7 Pós-operatório N= 3/7 outras causas

E5	Gutiérrez-Arias, R. et al (2022) Chile	Estimar a efetividade da electroestimulação neuromuscular em adultos com DPOC sob ventilação mecânica.	4 RCT (3 deles incluem 2 grupos e um inclui 3 grupos paralelos)	3	N= 4 134 GI- 67 GC- 67	N=4 (masculino 63,4%) (feminino 36,6%)	N=4 (média=65,1)	NR
E6	Wageck B. et al (2014) Brasil	Investigar as aplicações e efeitos da estimulação elétrica neuromuscular em doentes críticos em cuidados intensivos.	N=9 RCT e quasi- RCT	2	N=9 274 GI- 135 GC- 139	NR	NR	N=5/9 sépsis/choque séptico N=6/9 trauma N=2/9 doença cardíaca N=3/9 pós-operatório N= 4/9 causa neurológica N= 2/9 neoplasia N= 3/9 Insuf. Resp.
E7	Li L et al (2024) China	Apresentar descobertas recentes sobre a eficácia da estimulação elétrica no aumento de força muscular e o seu impacto em vários desfechos clínicos em adultos gravemente doentes.	N=16 16 RCT's	16	N=16 880 GI -502 GC -378	N=16 (feminino 48,5%) (masculino 51,5%)	N=13 (média= 60)	NR
E8	Moraes, A. et al (2019) Brasil	Analisar os benefícios da electroestimulação nos doentes em cuidados intensivos.	N=7 7 RCT	0	N=7 594 GI- 323 GC- 271	N=3 (feminino 27) (masculino 73) N= 1/ (masculino 65%)	N=6/7 (média =44-72)	N=3/7 DPOC N=5/7 Insuf. Resp. N=3/7 doença cardíaca N=2/7 diabetes N=3/7 sépsis N=1/7 overdose de drogas N=3/7 pós-operatório

						(feminino 35%) N=1 (masculino 69%) (feminino 31%) N=2 NR		N= 3/7 causa neurológica N=2/7 outras causas
NR = não reportado; GI = Grupo de Intervenção; GC = Grupo de Controle; RCT: estudo randomizado controlado; MA: Meta-análise; N: número; Insuf. Resp: Insuficiência respiratória								

3.2 Características da intervenção

Na obtenção dos dados relacionados com o programa de EENM, foi utilizada o acrónimo FITT (frequência, intensidade, tipo e tempo). Foram também extraídos dados relativos ao tempo total do programa, aos efeitos adversos e aos *outcomes* presentes em cada artigo, os quais se encontram plasmados na tabela 5.

Frequência

Relativamente à frequência de tratamentos do programa de EENM, todos os artigos apresentaram uma frequência de tratamento mínima de cinco a sete vezes por semana, sendo que nos artigos E7 e E8 a frequência chegou a vinte e uma vezes por semana, três vezes por dia, esta variabilidade depende dos protocolos estabelecidos.

Intensidade

A intensidade foi modulada até obter uma contração muscular visível ou palpável em todos os artigos, exceto no artigo E5 em que um estudo estabeleceu uma intensidade de 20-25 mA. No artigo E4, num estudo foi utilizada uma intensidade de 37 a 38 ± mA. Em E1 surge um estudo isolado em que a intensidade é regulada pelo doente.

Tipo

O tipo de intervenção está relacionado com os parâmetros da EENM, que englobam largura de pulso, frequência e ciclo de trabalho, sendo que os artigos incluídos na revisão apresentam resultados heterogéneos.

A largura de pulso (tempo de duração de cada impulso elétrico aplicado ao músculo) oscilou entre 250-500µs nos vários artigos. Relativamente à frequência, oscilou entre 30-100Hz nos artigos E1, E4, E6, E8, entre 30-50Hz nos artigos E2, E5, E7; em E3 a frequência programada foi de 35 Hz e em E7 a frequência variou entre 25 Hz e 66 Hz. No parâmetro ciclo de trabalho (**relação entre o tempo de contração e o tempo de repouso**) o tempo de contração variou entre 2 a 12 segundos nos artigos E1 e E6. No E8 o tempo de contração variou entre 2-8 segundos, em E4 a variação foi de 1 segundo e em E5 de 6 segundos. Relativamente ao tempo de repouso, em E1 e E6 foi de 4 a 24 segundos, enquanto que em E8 foi de 4 a 30 segundos; em E4 foi de 2-3 segundos.

Tempo

Relativamente ao tempo da sessão ele oscilou entre 30-60 min em sete artigos (E1, E2, E3, E4, E6, E7, E8). Em E5 e E7 o tempo médio de sessão oscilou entre 20-30 min e 25-60 min respetivamente. Em dois artigos foi também referido um tempo de 10 min por sessão (E7 e E8). Apenas num estudo em E7 o tempo de sessão foi mais longo, 90 min.

Muito embora o tempo total do programa não faça parte do acrónimo FITT-VP parece-nos relevante elencar as diferenças de duração dos programas nos artigos incluídos na revisão. Assim, no que diz respeito ao tempo do programa houve uma grande variabilidade. Em dois artigos (E1 e E6) a EENM foi aplicada até à extubação, no entanto na maior parte dos estudos a EENM foi aplicada até à alta da UCI (E1, E3, E5, E6, E7), no entanto a duração variava na maior parte das vezes até 4 semanas (E1, E2, E3, E4, E5, E6). Alguns artigos com períodos mais curtos, E2 com 7 dias de tempo de programa, E4 com um período de tempo que ia desde o segundo dia de admissão na UCI até ao nono dia e em E7 com duas semanas de EENM.

Tabela 5: Apresentação de resultados (ID, Programa de Exercício (FITT), Tempo total, Eventos adversos, *Outcomes*)

ID	Frequência (x/semana)	Intensidade	Tipo			Tempo	Tempo total (programa)	Eventos adversos	Outcomes
			Largura de pulso	Frequência	Ciclo de trabalho				
E1	N= 7/8 7 a 14x por semana	N=7/8 ajustada até contração visível N= 1/8 ajustada pelo doente	250-400µs	N=7/8 35-100Hz N=1/8 1,75 HZ	Tempo on 2 a 12 s Tempo off 4 a 24 s	N=8 30 a 60 min	N= 1/8 até extubação N=1/8 tratamento único N=1/8 até alta da UCI N= 5/8 4 dias a 4 semanas	N=1/8 dor e queimadura superficial N= 7/8 sem efeitos adversos	Força muscular Massa muscular Tempo de internamento em UCI Duração da ventilação mecânica
E2	N=2/4 5x por semana	N=3/4 ajustada até contração visível N= 1/4 NR	300-400µs	35-50Hz	NR	N=4 30 a 60 min	N= 1/4 7 dias seguidos N=1/8 tratamento único N=2/4 quatro semanas	N=4 Raros efeitos secundários (assincronia entre o doente e o ventilador)	Força muscular Massa muscular

E3	N=02/6 5x a 7x por semana	NR	N=1/6 400 μ	N=1/6 35 Hz	NR	N=5/6 30 a 60 min	N=3/6 até à alta da UCI N= 1/6 4 semanas	NR	Força muscular Autonomia funcional Duração da ventilação mecânica Mortalidade na UCI Tempo de internamento hospitalar readmissão hospitalar Tempo de internamento na UCI
E4	N= 6/7 5x a 14x semana	N=4/7 ajustada até contração visível N= 2/7 ajustada até contração visível ou palpável N= 1/7 intensidade de 37 a 38 \pm 10 mA	N=6/7 250-400 μ	N=7 30-70 Hz	N=5/7 Tempo on 1s Tempo off 2/3 s	N=7 30 a 60 min	N=1/7 2º ao 9º dia N= 1/7 30 dias	N=7 sem efeitos adversos	Força muscular Massa muscular
E5	N= 4 5 a 14x semana	N=2/4 NR N=2/4 20-25 mA	N= 1/4 350 μ s	N=4 30-50 Hz	N=2/4 NR N= 2/4 Ton 6s	N= 3/4 20 a 30 min	N=1/4 4 semanas N= 1/4 20 sessões N=1/4 Até à alta da UCI	N= 1/4 sem efeitos adversos N= 3/4 NR	Força muscular Duração da ventilação mecânica Independência Funcional Qualidade de vida Tempo de internamento em UCI Tempo de internamento hospitalar

E6	N= 8 5 a 14x semana	N=8 Até contração visível	N=8 300-400 µs	N=2/8 1,75 Hz N= 35- 100Hz	N=8 Tempo on 2 a 12s Tempo off 4 a 24s	N= 8 30 a 60 min	N= 2/8 Até à alta da UCI N= 1/8 Até extuba- ção N= 5/8 4 dias a 4 se- manas	N=8 NR	Massa muscular Força muscular Duração da ventilação mecânica Tempo de internamento em UCI Tempo de desmame ventilatório
E7	N= 10/16 5 a 6x semana N= 4/16 21x semana (3x dia)	N=16 NR	N=4/16 NR N=12/16 300- 500µs	N=1/16 100Hz N=1/16 25 Hz N=1/16 66Hz N= 11/16 30-50Hz	N=16NR	N= 1/16 10 min N=1/16 90 min N= 2/16 25 min N= 11/16 30-60 min	N=1/16 Até à alta da UCI N=1/16 2 semanas N=14/16 NR	N=16 NR	Mortalidade Duração da ventilação mecânica Tempo de internamento em UCI Tempo de internamento hospitalar Força muscular
E8	N=3/7 21x por semana (3xdia) N=2/7 7x por semana	N=7 NR	N=5/7 300-500 µs	N=6/7 35-100 Hz	N= 4/7 Tempo on 2-8s Tempo off 4-30s	N=1/7 10 min N= 6/7 30min a 60min	N=7 NR	N=7 NR	Débito cardíaco Força muscular Autonomia funcional (escala de mobi- lidade da UCI) Massa muscular Força muscular respiratória Duração da VM Tempo de internamento em UCI

3.3 Outcomes

Da totalidade dos *outcomes* dos artigos incluídos na revisão, foram selecionados aqueles que respondem às questões de revisão e que se encontram apresentados na tabela 6. Esta tabela ilustra os principais resultados obtidos nos artigos incluídos relativamente ao seu impacto na função muscular (força e massa muscular) e tempo de internamento em UCI, fazendo notar o impacto positivo da intervenção nos resultados avaliados.

Força muscular

No que diz respeito à força muscular, avaliada maioritariamente pela escala Medical Research Council (MRC), os resultados revelaram heterogeneidade entre os diferentes estudos. Em **E1**, dos oito ensaios incluídos, apenas dois avaliaram esta variável, tendo ambos reportado ganhos positivos. Em **E2**, entre os quatro estudos considerados, apenas um realizou a avaliação da força muscular, utilizando a escala MRC e o teste de transferência da cama para a cadeira, demonstrando um efeito benéfico no aumento da força muscular periférica.

Em **E3**, dos seis estudos analisados, cinco recorreram à escala MRC para avaliar a força muscular; contudo, apenas dois evidenciaram aumento significativo. Importa salientar que, na meta-análise correspondente, os autores referem não ter sido observada diferença estatisticamente significativa relativamente à força muscular, quer no momento da alta hospitalar, quer na duração do internamento em UCI.

No âmbito de **E4**, dos sete estudos incluídos, cinco avaliaram a força muscular, e quatro destes reportaram resultados positivos, tendo como referência a escala MRC. Já em **E5**, dois estudos procederam à avaliação da força através da escala MRC-SS e da dinamometria de preensão palmar, tendo ambos identificado efeitos favoráveis no ganho de força. De forma complementar, a meta-análise demonstrou resultados consistentes, evidenciando uma maior independência funcional no grupo submetido à EENM, em comparação com o grupo de controlo, avaliada através do teste de transferência da cama para a cadeira.

Relativamente a **E6**, dos nove estudos analisados, três incluíram a avaliação da força muscular, todos reportando aumento significativo por meio da escala MRC. Este efeito positivo foi igualmente confirmado pela meta-análise, que demonstrou um impacto

estatisticamente significativo em favor do grupo submetido à EENM relativamente ao grupo de controlo. Em **E7**, dos dezasseis estudos considerados, sete avaliaram o impacto da EENM sobre a força muscular. A meta-análise revelou que a intervenção exerceu um efeito significativo no ganho de força muscular. Por fim, em **E8**, dos sete estudos incluídos, apenas três não identificaram diferenças significativas entre os grupos experimental e de controlo; nos restantes, observou-se uma melhoria estatisticamente significativa da força muscular nos grupos experimentais.

Massa muscular

Relativamente à massa muscular, em **E1**, dos oito estudos analisados, cinco abordaram esta variável. Entre estes, um estudo evidenciou ganhos de massa muscular resultantes da intervenção com EENM, enquanto outros dois demonstraram uma redução da perda de massa muscular nos doentes submetidos à EENM, em comparação com os grupos de controlo.

Em **E2**, a massa muscular foi avaliada em três estudos, tendo sido observado aumento significativo em dois deles, confirmado através da medição do diâmetro muscular por ecografia. Importa destacar que, num desses estudos, que comparava a intervenção precoce e a tardia, verificou-se que no grupo de intervenção precoce ocorreu menor perda de massa muscular relativamente ao grupo de controlo correspondente, enquanto no grupo com intervenção tardia foi observado aumento da massa muscular em comparação com o respetivo grupo de controlo.

No âmbito de **E4**, dos três estudos avaliados, dois reportaram efeitos positivos, confirmados pela medição da espessura muscular através de ecografia. Já em **E6**, seis estudos analisaram os efeitos da EENM sobre a massa muscular; contudo, apenas em dois foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Tempo de internamento em UCI

No que se refere ao tempo de internamento em UCI, em **E1**, o único estudo incluído que avaliou esta variável reportou um efeito positivo, traduzido na diminuição do tempo de internamento. Em **E3**, a variável foi analisada em três estudos, tendo apenas um deles evidenciado um resultado favorável. Em **E5**, dois estudos procederam à avaliação do

tempo de internamento em UCI e ambos concluíram não existirem diferenças significativas entre o grupo submetido à EENM e o grupo de controlo.

No contexto de **E6**, apenas um estudo avaliou os efeitos da EENM sobre o tempo de internamento em UCI, não tendo sido reportadas diferenças entre os grupos de intervenção e de controlo. Por fim, em **E7**, dos catorze estudos que abordaram esta variável, nenhum demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre os participantes submetidos à EENM e os pertencentes ao grupo de controlo.

A tabela 6 pretende apresentar a relação entre os programas de EENM e os *outcomes*.

Tabela 6: Frequência de estudos com efeito positivo nos *outcomes*

Estudos	Outcomes					
	Força muscular		Massa Muscular		Tempo de internamento UCI	
	Frequência	Efeitos positivos	Frequência	Efeitos positivos	Frequência	Efeitos positivos,
E1 N=8	2	2	5	3	1	1
E2 N=4	1	1	3	2	-	-
E3 N=6	5	2	-	-	3	1
E4 N=7	5	4	3	2	-	-
E5 N=4	2	2	-	-	2	-
E6 N=9	3	3	6	2	1	-
E7 N=16	7	5	-	-	14	-
E8 N=7	5	4	-	-		-

Da análise efetuada foram ainda reportados efeitos adversos da EENM. Esta identificação ocorreu em 4 artigos (E1, E2, E4, E5). Em nenhum é relatado algum efeito secundário grave. Apenas dor e queimadura superficial em E1 e raros efeitos de assincronia entre a pessoa e o ventilador em E2.

4. DISCUSSÃO

O enfermeiro de reabilitação tem um conjunto de competências que lhe permitem ser determinante nas necessidades de cuidados de reabilitação junto à pessoa em situação crítica (Prazeres et al, 2021). A FMACI é uma complicação comum, severa e complexa, de causa multifatorial que necessita de uma intervenção precoce para minorar o seu impacto (Petrucci et al, 2025). A intervenção do enfermeiro de reabilitação é fundamental com vista a maximizar a funcionalidade, prevenindo complicações e promovendo a autonomia e a independência funcional da pessoa que esteve submetida a um internamento em cuidados intensivos (Prazeres et al, 2021; (Regulamento n.º 392/2019 Ordem dos Enfermeiros, 2019).

A integração de enfermeiros de reabilitação nas Unidades de cuidados Intensivos é fundamental, aliás segundo a Ordem dos Enfermeiros (2019), nas unidades de cuidados intensivos, adicionalmente a equipa deve integrar enfermeiros especialistas em Enfermagem de Reabilitação, de modo a assegurar cuidados de enfermagem especializados, em todos os dias da semana.

Atendendo à prática do EEER, segundo o regulamento das suas competências específicas, este tem que ser capaz de cuidar de pessoas com necessidades especiais ao longo do ciclo de vida em todos os contextos da prática de cuidados como é a pessoa em situação crítica internada em UCI, como fundamento a promoção da independência e o autocuidado. O EEER elabora programas personalizados, tendo em conta a condição atual e potencial do cliente, visando o uso pleno das capacidades, maximizando o desempenho, prevenindo o aparecimento de lesões e/ou recuperando a capacidade após lesão ou situação causadora de incapacidade (Regulamento n.º 392/2019 Ordem dos Enfermeiros, 2019). Em colaboração com a equipa multidisciplinar introduzir mudanças práticas ao nível da reabilitação da pessoa em situação crítica.

Estas mudanças passam por desenvolver em contexto de cuidados intensivos estratégias para minimizar os impactos que a doença crítica acarreta, elencando esforços para promover a reabilitação precoce desta população, através de programas de mobilização precoce.

No sentido de perceber qual o efeito da EENM na pessoa em situação crítica em contexto de cuidados intensivos, procedeu-se à elaboração desta *umbrella review* que pretende perceber qual o impacto dos programas de EENM nestas pessoas

Os objetivos desta *umbrella review* foram: identificar os programas de EENM para a pessoa em situação crítica; sintetizar os dados dos estudos de revisão sistemática, que avaliaram os efeitos da EENM na pessoa em situação crítica; determinar o impacto dos programas de EENM na força muscular, massa muscular e tempo de internamento em UCI e por último apresentar a proposta de um programa de EENM para a pessoa em situação crítica segundo o acrónimo FITT.

Para sintetizar a informação dos artigos de revisão, foi elaborada uma tabela (tabela 6) contendo os *outcomes* força muscular, massa muscular e tempo de internamento em UCI, permitindo uma análise comparativa. Com base nos resultados obtidos, é possível reconhecer resultados globalmente favoráveis com a utilização da EENM, apesar da grande variabilidade entre os programas de tratamento e entre os instrumentos de medida utilizados.

Força muscular

Relativamente à força muscular, constatou-se que existiu um ganho de força muscular em todos os artigos (E1, E2, E3, E4, E5; E6; E7; E8). Estes resultados então em consonância com estudos randomizados mais recentes, nomeadamente de Yustiawan et al (2024), em que demonstrou que as pessoas em situação crítica que receberam EENM tiveram maior aumento da força muscular. No estudo de Bao et al (2022) foi demonstrado que o grupo que recebeu EENM teve menor perda de força muscular que o grupo de controlo. No entanto, observou-se que, apesar dos artigos reportarem ganhos na força muscular, existiram diferentes formas de avaliar a força muscular. Em diferentes estudos, a força foi avaliada maioritariamente através da escala *Medical Research Council* (MRC), tendo alguns estudos complementado com testes funcionais, como a transferência da cama para a cadeira, ou com medidas objetivas, como a dinamometria de preensão palmar. Verificou-se um aumento favorável da força muscular, especialmente evidenciado em meta-análises que identificaram um efeito estatisticamente significativo associado à utilização da EENM.

Massa muscular

No que respeita à massa muscular, observou-se aumento da massa muscular em alguns artigos (E2 e E6). Contudo, é importante salientar que, em vários artigos, não se registou um aumento de massa muscular, mas sim menor perda (E1, E2, E4, E6), o que sugere que a EENM atenua a atrofia muscular. Em E2, um dos estudos incluídos na revisão indicou ganho de massa muscular apenas quando a EENM foi aplicada numa fase mais tardia — a partir da segunda semana de internamento em UCI. Estes achados são corroborados por estudos como os de Bao et al. (2022) e Nakamura et al. (2020), que demonstraram que, embora ambos os grupos (intervenção e controlo) revelaram perda significativa de volume muscular, sendo que a taxa média de redução de volume muscular foi menor no grupo que recebeu EENM. Relativamente ao ganho de massa muscular numa fase mais tardia, tal poderá estar relacionado com o estímulo catabólico inerente à gravidade da doença nas primeiras três semanas do internamento em UCI. Nessa fase, a perda de massa muscular é mais acentuada e o estímulo da EENM pode ver-se comprometido, por ex., por disfunção de membranas celulares que afetam a condutividade e a integridade dos sarcómeros (Petrucci et al, 2025). Posteriormente, essa perda de massa muscular tende a diminuir, o que poderá permitir um efeito mais pronunciado da EENM no aumento da massa muscular.

Tempo de internamento em UCI

Também se analisou o efeito da EENM sobre o tempo de internamento na UCI. Esta variável foi referida em cinco estudos (E1, E3, E5, E6 e E7). A maior parte dos estudos não encontrou diferença significativa entre o grupo de intervenção e o grupo de controlo. Apenas nos estudos E1 e E3 foi identificada uma diminuição do tempo de internamento. A heterogeneidade metodológica entre os estudos dificulta estabelecer uma relação clara entre o uso da EENM e a redução do tempo de internamento. Além disso, múltiplos fatores de ordem clínica ou organizacional (como a disponibilidade de camas de enfermaria), podem influenciar esse tempo de internamento, o que introduz potenciais vieses na sua análise.

Implicações para a prática da enfermagem de reabilitação

É importante sublinhar o papel do enfermeiro de reabilitação nas unidades de cuidados intensivos. Em Portugal, os EEER estão presentes em várias UCI. Embora a reabilitação

seja uma prática multidisciplinar a enfermagem de reabilitação constitui uma especialidade essencial, pelas suas competências específicas. Estas competências incluem a identificação de necessidades de intervenção especializada no domínio da enfermagem de reabilitação em pessoas temporária ou permanentemente incapacitadas de realizar, de forma autónoma, atividades básicas da vida diária, em resultado da sua condição de saúde e respetiva limitação da atividade (Regulamento n.º 392/2019 Ordem dos Enfermeiros, 2019).

Compete ao EEER conceber, implementar e avaliar planos e programas de reabilitação especializados, orientados para a promoção da qualidade de vida, a reintegração social e a participação ativa na sociedade. Entre as suas competências específicas destaca-se, ainda, a promoção da funcionalidade, através do desenvolvimento das capacidades da pessoa (Regulamento n.º 392/2019 Ordem dos Enfermeiros, 2019). Neste contexto, o EEER encontra-se habilitado a prescrever intervenções de reabilitação que contribuem para mitigar os efeitos adversos da FMACI.

A mobilização precoce é uma ferramenta essencial, integrante do bundle ABCDEF, desenvolvida para atenuar os efeitos da PICS, onde figura a fraqueza muscular. O EEER deve promover o desenvolvimento de um programa de mobilização articular precoce, no qual a EENM deve estar incluída, dado o seu potencial de aportar ganhos em saúde, designadamente no aumento da força e massa musculares ou na mitigação da sua perda. É relevante que estes ganhos físicos se traduzam em melhoria das atividades da vida diária, de modo a readquirir a máxima independência possível; isso requer que a readaptação e reeducação funcional permitam uma plena integração na família, na sociedade e no exercício do papel de cidadania após a alta hospitalar (Reis et al., 2021).

Limitações e recomendações para investigação futura

Apesar dos resultados promissores, persistem limitações a considerar. A qualidade metodológica dos estudos incluídos é uma das principais: a validade dos achados depende diretamente da robustez das revisões sistemáticas e meta-análises consideradas. Nesta *umbrella review*, apenas duas revisões apresentavam qualidade elevada, a maioria era de qualidade média. Outra limitação está no facto de a análise ser essencialmente descritiva, não tendo sido possível em muitos casos apresentar dados estatísticos detalhados relativos à evidência encontrada. Por fim, destaca-se como desafio adicional a heterogeneidade dos

programas de EENM, bem como a variabilidade dos instrumentos de avaliação utilizados, o que dificulta a comparação direta dos dados entre os diferentes estudos.

Para o futuro, recomenda-se a realização de ensaios clínicos aleatórios multicêntricos, com desenho metodológico robusto, e com definições uniformes de intervenção e de *outcomes*, de modo a clarificar de forma mais consistente o papel da EENM no contexto de pessoas em situação crítica.

4.1 Recomendações para a prática clínica

Como vimos ao longo deste relatório, a mobilização precoce desempenha um importante papel na prevenção da FMACI, no entanto, apesar de ser possível realizar mobilizações passivas e alternância de decúbito em pessoas em situação crítica que se encontrem sedadas/ inconscientes, não é possível que produzam contrações musculares ativas. Neste sentido, é importante desenvolver estratégias adicionais que possam atenuar a atrofia muscular associada ao desuso articular (Dirks; Wall; Van Loon cit por Campos (2025)).

Neste sentido, a EENM é uma intervenção que utiliza impulsos elétricos para obter uma contração muscular sendo útil para atenuar a FMACI. Esta intervenção quando combinada com mobilização precoce, promove melhor resultados no estado funcional da pessoa em situação crítica. (Campos, 2025).

O estabelecimento de um programa de EENM neste contexto, reveste-se de grande importância para a prática clínica dos enfermeiros de reabilitação, sendo fundamental padronizar a aplicação da EENM na pessoa em situação crítica de modo que advenham mais benefícios para a sua recuperação.

O programa de EENM apresentado a seguir, surge dos dados obtidos nesta revisão, tendo por base o acrônimo FITT.

O programa de EENM deve ser estabelecido o mais precocemente possível (se possível nas primeiras 48h), fazendo parte de um programa mais abrangente de mobilização precoce que deve ter a duração de todo o internamento em UCI. É essencial a avaliação da elegibilidade para integrar o programa tendo em conta a situação da doença atual, os antecedentes e as contraindicações. Durante a realização da EENM é essencial a supervisão

do enfermeiro de reabilitação para detetar efeitos secundários, acompanhar a eficácia da EENM e se possível obter o feedback da pessoa.

Os aspetos relevantes do programa de EENM na pessoa em UCI encontram-se plasmados na tabela 7.

Tabela 7: Programa de EENM para a pessoa em UCI

Programa de EENM		
Objetivo	REDUZIR O IMPACTO DA FMACI.	
Plano de intervenção	<ul style="list-style-type: none"> - Ensinar a pessoa sobre a EENM, se a pessoa estiver consciente - Instruir a pessoa sobre o programa de EENM, se adequado; -Treinar intervenção, se a pessoa estiver (pedir para efetuar uma contração no momento em que o aparelho faz o estímulo de contração) 	
Participantes	Pessoas adultas (>18 anos) internadas em cuidados intensivos, sem contra-indicações para a EENM	
Processo de avaliação para a implementação do programa de EENM	<p>1- Avaliar a pessoa em situação crítica antes da intervenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> - História da doença atual; - Antecedentes; - Estabelecimento do risco e possíveis efeitos secundários. <p>2- Durante a EENM, monitorizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sinais vitais (TA, FC, SpO₂, Dor). -Observação da pele e resposta muscular. -Feedback (se a pessoa estiver consciente). 	<p>Justificação:</p> <p>A EENM é uma intervenção geralmente bem tolerada, no entanto existem algumas contra-indicações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Epilepsia; -Presença de pacemaker; <p>Fraturas com/sem fixadores externos feridas,</p> <p>doenças de pele queimaduras;</p> <ul style="list-style-type: none"> -Trombose venosa profunda; - Obesidade.
Critérios de segurança para interromper a EENM	<ul style="list-style-type: none"> -Instabilidade cardíaca: arritmias instáveis ou graves <60bpm ou >130bpm; -Temperatura corporal menor que 36°C ou maior que 38°C; -Saturação de O₂< 90% (exceto que seja a saturação basal da pessoa); -PAM <60mmHg ou > 110mmHg; -Doses crescentes de vasopressores nas últimas 2 horas; -Agitação; -Dor incontrolável; 	<p>Justificação:</p> <p>A EENM não deve ser usada de forma automática ou padronizada em todos os doentes. A sua aplicação deve ser cuidadosamente avaliada caso a caso, com atenção ao estado clínico, à tolerância e aos riscos potenciais.</p>

Prescrição FITT		
Frequência	1-2 sessões diárias	Justificação: Na maior parte das revisões esta foi a frequência mais utilizada, no entanto depende sempre do estado hemodinâmico da pessoa, da fadiga (se estimulação for muito frequente pode induzir mais fadiga e ser necessário espaçar mais as sessões ou reduzir o tempo de estimulação por sessão), capacidade de recuperação (para evitar sobrecarga contínua) e da própria tolerância da pessoa.
Intensidade	Até contração visível ou palpável, pode ser confirmado por ecografia	Justificação: A pessoa, se possível, deve ser instruída para ser ajustada a intensidade até ao máximo valor confortável, com vista à obtenção de melhores resultados.
Tipo	Electroestimulação neuromuscular (corrente bifásica simétrica) grupos musculares: Membros inferiores: quadricípites, isquiotibiais, tibial anterior, peroneal longo, gastrocnémios Membros superiores: bicípites e tricípites	Justificação: A EENM é parte de um programa de mobilização precoce composto por um programa de exercícios. Devem ser estimulados os grupos musculares agonistas e antagonistas.
	Parâmetros da EENM: Frequência 30-50Hz Largura de pulso 250-500µs Ciclo de trabalho: Tempo on 2-12s Tempo off 4-24s	Justificação: Estes valores da frequência produzem contração tetânica funcional, promovendo a força e aumento do volume muscular. Pode ser aumentada até 100Hz, com risco de fadiga precoce; A largura de pulso é ajustada de acordo com o grupo muscular; No ciclo de trabalho, a relação pode ir de 1:2 a 1:5 (contração: repouso), dependendo do grau de atrofia muscular evitando o surgimento de fadiga.
Tempo (duração)	30-60 min	Justificação: Duração suficiente para efeitos terapêuticos sem sobrecarga muscular. Inicialmente deve começar-se com menos tempo e progressivamente de acordo com a tolerância aumentar até ao tempo total da sessão.

Avaliação	Momentos de avaliação: -Antes de iniciar a EENM; -Avaliar semanalmente; -No final do programa de EENM.	Justificação: Permite avaliar a eficácia da intervenção ao longo do tempo
	Instrumentos de avaliação: - Avaliação da força muscular pela escala MRC, Teste de levantar e sentar e através de dinamómetro. - Avaliação da massa muscular por controle ecográfico.	Justificação: As utilizações destes instrumentos de avaliação permitem uma abordagem clínica rigorosa, segura e orientada do estado da pessoa. Permitindo individualizar planos de reabilitação, adaptando a intensidade e a frequência e monitorizar a sua evolução.
Orientações	Efetuar o registo dos grupos musculares estimulados e os parâmetros utilizados, bem como o tempo da sessão; Registrar efeitos adversos.	

5. CONCLUSÃO

Este capítulo final, que apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos nesta *umbrella review*, reflete sobre o grau de cumprimento dos objetivos inicialmente definidos e propõe orientações para a prática clínica e para futuras investigações.

O principal objetivo deste trabalho consistiu em analisar a evidência disponível relativamente à efetividade da EENM em pessoas em situação crítica, com particular enfoque na preservação da força muscular, manutenção da massa muscular e redução do tempo de internamento em UCI.

Os resultados obtidos sugerem que a EENM pode exercer efeitos benéficos na mitigação da perda de força e de massa musculares em pessoas em situação crítica, especialmente quando iniciada precocemente e aplicada de forma sistemática. Contudo, no que concerne ao tempo de internamento hospitalar, os efeitos revelaram-se menos consistentes, o que poderá estar relacionado com a heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos e com a diversidade dos contextos clínicos avaliados.

Importa ainda salientar alguns constrangimentos metodológicos identificados nesta revisão. Em primeiro lugar, destaca-se a considerável heterogeneidade dos estudos no que respeita à população internada (com múltiplas causas de admissão em UCI), aos protocolos de EENM aplicados (incluindo variações nos parâmetros utilizados, frequência, duração e intensidade), bem como aos métodos de avaliação, com diferentes medidas de resultado. Estes fatores dificultam a uniformização dos dados e comprometem, em certa medida, a generalização dos resultados obtidos.

Apesar destas dificuldades, esta *umbrella review* oferece uma visão abrangente e atualizada sobre o estado da arte nesta área de conhecimento, identificando lacunas significativas que deverão ser exploradas em investigações futuras. Recomenda-se a realização de ensaios clínicos com metodologias mais rigorosas, amostras homogêneas e dimensões adequadas, bem como avaliações consistentes que permitam aferir de forma mais precisa a efetividade da EENM na pessoa em situação crítica. Nesse sentido, a aplicação do programa de EENM proposto nesta revisão, construído com base na evidência científica recolhida, poderá constituir uma base promissora para investigação futura.

Embora os resultados apontem para implicações clínicas positivas, a variabilidade da qualidade metodológica das revisões analisadas e a presença de potenciais vieses impõem uma leitura crítica e prudente dos dados. Torna-se, assim, imprescindível a realização de mais estudos experimentais robustos, multicêntricos e bem desenhados, que permitam confirmar os efeitos da EENM e definir de forma mais clara os parâmetros ideais de aplicação em contexto de cuidados intensivos.

Em suma, a EENM revela-se uma intervenção complementar promissora no âmbito da reabilitação precoce de pessoas em situação crítica, com potencial para mitigar os efeitos negativos da imobilização prolongada e contribuir para uma recuperação funcional mais eficaz e célere.

Neste enquadramento, destaca-se o papel fundamental do enfermeiro especialista em enfermagem de reabilitação, cuja intervenção precoce, sistematizada e tecnicamente qualificada é crucial para a implementação segura e eficaz da EENM. Este profissional detém competências específicas que lhe permitem avaliar, planear, executar e monitorizar intervenções de electroestimulação neuromuscular, integrando-as numa estratégia global de reabilitação em cuidados intensivos, com vista à promoção da autonomia e qualidade de vida da pessoa em situação crítica.

Assim, esta *umbrella review* visa contribuir para a consolidação do conhecimento nesta área, oferecendo recomendações pertinentes para a prática clínica e constituindo uma base orientadora para o desenvolvimento de programas de EENM adaptados às necessidades específicas desta população. Pretende-se, deste modo, munir os Enfermeiros Especialistas em Enfermagem de Reabilitação do conhecimento necessário para integrar de forma segura e fundamentada a EENM nos programas de mobilização precoce em cuidados intensivos.

6. Referências Bibliográficas

- Ackermann P., Juthberg R., Flodin J. (2024). Unlocking the potential of neuromuscular electrical stimulation: achieving physical activity benefits for all abilities, *Frontiers in Sports and Active Living*, 6: 1-8. <https://doi:10.3389/fspor.2024.1507402>
- Afifi, M., Stryhn, H., & Sanchez, J. (2023). Data extraction and comparison for complex systematic reviews: A step-by-step guideline and an implementation example using open-source software. *Systematic Reviews*, 12, Article 226. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02322-1>
- Amacher, S. A., Sahmer, C., Becker, C., Gross, S., Arpagaus, A., Urben, T., Tisljar, K., Sutter, R., & Marsch, S. et al. (2024). Post-intensive care syndrome and health-related quality of life in long-term survivors of cardiac arrest: A prospective cohort study. *Scientific Reports*, 14(1), Article 61146. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61146-8>
- Appleton, R. T. D., Kinsella, J., & Quasim, T. (2023). ICU-acquired weakness: Risk factors, diagnosis and prevention. *Clinical Medicine*, 23(2), 114–120. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2023-0453>
- Aromataris E, Fernandez R, Godfrey C, Holly C, Khalil H, Tungpunkom P. (2020). Chapter 10: Umbrella Reviews. In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIM Manual for Evidence Synthesis*. JBI, <https://synthesismanual.jbi.global>. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-11>
- Aromataris E, Fernandez R, Godfrey C, Cheryl H. Khalil H, Tungpunkom P. (2015). Summarizing systematic reviews methodological development, conduct and reporting of na umbrella. *JBIM Evidence Implementacion, Internacional Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3): p132-140. <https://doi:10.1097/XEB.0000000000000055>

- Attar, A., Barssoum, K., Alzayer, H., Aloraini, R., Alanazi, M., Aldrees, T., & Alanazi, F. (2025). Outcomes of myasthenia gravis patients admitted to the intensive care unit: A retrospective study. *PLOS ONE*, 20(1), e0328648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328648>
- Ayenew, T., Gete, M., Gedfew, M., Getie, A., Afenigus, A. D., Edmealem, G., ... et al. (2025). Prevalence of post-intensive care syndrome among intensive care unit survivors and its association with intensive care unit length of stay: Systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 20(5), e0323311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323311>
- Baldwin, C. E., & Herridge, M. S. (2021). Critical illness weakness: Mechanisms and clinical outcomes. *Critical Care*, 25(1), 330. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03795-7>
- Balke M., Teschler M., Schäfer, Pare P., Mooren F., Schmitz B. (2022). Therapeutic Potential of Electromyostimulation (EMS) in Critically Ill Patients- A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*: 13: 865-437. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.865437>
- Bao W., Yang J., Li M., Chen K., Ma Z., Bai Y., Xu Y. (2022). Prevention of muscle atrophy in ICU patients without nerve injury by neuromuscular electrical stimulation: a randomized controlled study. *BMC Musculoskeletal Disorders*; 23: 780. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05739-2>
- Bartolomeu R. & Rodrigues P. (2021) Enfermagem de reabilitação à pessoa em situação crítica. In Ribeiro O. (Coords), *Enfermagem de Reabilitação: Conceções e Práticas* (1ª edição, pp 336-362). LIDEL.
- Berger, D., Bloch, S., & Dres, M. (2022). Pathophysiology of ICU-acquired weakness: from electrophysiological alterations to impaired excitation–contraction coupling. *Current Opinion in Critical Care*, 28(6), 669–676. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000972>

- Bloch, S., Berger, D., & Dres, M. (2023). Pathophysiology and risk factors of ICU-acquired weakness. *Intensive Care Medicine*, 49(1), 34–46. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06974-0>
- Bornemann-Cimenti, H., et al. (2025). Consensus-Based Recommendations for Assessing Post-Intensive Care Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 24(10), Article e3595. <https://doi.org/10.3390/jcm24103595>
- Borzuola R., Quinzi F., Scalla M., Pitzalis S., Di Russo F., Macaluso A. (2023) Acute effects of neuromuscular electrical stimulation on cortical dynamics and reflex activation. *Journal of Neurophysiology*. American Physiological society; 129: 1310-1321. <http://doi:10.1152/jn.00085.2023>
- Borzuola R., Nuccio S., Del Vecchio A., Bazzucchi I., Felici F., De Vito G., Macaluso A. (2025) Acute modulation of common synaptic inputs and motor unit discharge rates following neuromuscular electrical stimulation superimposed onto voluntary contractions. *Front Physiol*; 16:1590949. <https://doi:10.3389/fphys.2025.1590949>
- Brealey, D., Singer, M., & Juffermans, N. P. (2022). Mitochondrial dysfunction in critical illness: Pathophysiology and therapeutic opportunities. *The Lancet Respiratory Medicine*, 10(8), 777–789. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(22\)00140-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(22)00140-1)
- Burgess, L., Venugopalan L., Badger J., Street T., Alon G., Jarvis J., Wainwright T., Everington T., Taylor P., Swain I. (2021). Effect of neuromuscular electrical stimulation on the recovery of people with COVID-19 admitted to the intensive care unit: a narrative review, *Journal of Rehabilitation Medicine*; 53: 2-10. <https://doi:10.2340/16501977-2805>
- Campos, D. (2025). Estimulação Elétrica Neuromuscular em Pacientes Críticos, *EBSERH*; versão 1: 1-10.
- Can R., Ryan C., Kelly MA. (2022). A nine-step pathway to conduct an umbrella review of literature. *Nurse Author Ed.*; 32 (2): 31-34.

- Casaer, M. P., Mesotten, D., Hermans, G., Wouters, P. J., Schetz, M., Meyfroidt, G., ... & Van den Berghe, G. (2011). Early versus late parenteral nutrition in critically ill adults. *The New England Journal of Medicine*, 365(6), 506–517. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1102662>
- Catacuzzeno, L. (2024). The long journey from animal electricity to the discovery of ion channels and the modelling of the human brain. *Biomolecules*, 14(6), 684. <https://doi.org/10.3390/biom14060684>
- Chen J. & Huang M. (2024). Intensive care unit-acquired weakness: Recent insights. *Elsevier Journal of Intensive Medicine*, 4: 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.joitm.2023.07.002>
- Derde, S., Hermans, G., & Van den Berghe, G. (2022). Muscle atrophy and weakness in critical illness: New insights into mechanisms and clinical relevance. *Current Opinion in Critical Care*, 28(4), 384–391. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000934>
- Donato H. & Donato M., (2024). Revisão das revisões (Revisões Umbrella): Guia Passo a Passo. *Acta Médica Portuguesa*; 37 (7-8): 547-555. <https://doi.org/10.20344/amp.21796>
- Ekong M., Monga T., Daher J., Sashank M., Soltani S., Nwangene N., Mohammed C., Halfeld F., AlShelh L., Fukuya A., Rai M. (2024) From the intensive care unit to recovery: managing Post-intensive care syndrome in critically ill patients *Cureus*; 16 (5). <https://doi:10.7759/cureus.61443>
- Ferreira LL, Vanderlei LC, Valenti VE. (2014). Neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients in the intensive care unit: a systematic review. *einstein*. 12(3):361-5. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-45082014RW295>
- Fuentes-Aspe, R., Gutierrez-Arias R., Gonzáles-Seguel F., Marzuca-Nassr G., Torrescastro R., Najum-Flores J., Seron P. (2024). Wich factos are associated with acquired weakness in the ICU Na overview of systematic reviews and meta-analyses. *Journal of Intensive Care BMC*, 12: 33. <http://doi:10.1186/s40560-024-00744-0>

- García-Peres-de-Sevilla, D., & Pinto, J. (2023). Long-term outcomes in survivors with ICU-acquired weakness: A prospective cohort study. *Critical Care Research and Practice*, 2023, 8854679. <https://doi.org/10.1155/2023/8854679>
- Guerra-Vega, P., Guzmán, R., Betancourt, C., Grage, M., Vera, C., Artigas-Arias, M., Muñoz-Cofré, R., Vitzel, K. F., & Marzuca-Nassr, G. N. (2025). Medium-frequency neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients promoted larger functional capacity improvement during recovery than low-frequency NMES: Randomized clinical trial. *Journal of Clinical Medicine*, 14(15), 5407. <https://doi.org/10.3390/jcm14155407>
- González A., Abrigo J., Achiardi O., Simon F., Cabello-Verrugio C. (2022) Intensive care unit-acquired weakness: A review from molecular mechanisms to its impact in COVID-2019. *Eur J Transl Myol*; 32 (3): 10511. <http://doi:10.4081/ejtm.2022.10511>
- González, A., Esteban, A., & Frutos-Vivar, F. (2022). Nutrition in critically ill patients: Implications for ICU-acquired weakness. *Journal of Clinical Medicine*, 11(4), 1152. <https://doi.org/10.3390/jcm11041152>
- Grunow J., Goll M., Carbon N., Liebl M., Weber- Carstens S., Wollersheim T. (2019). Differential contractile response of critically ill patients to neuromuscular electrical stimulation. *BMC Critical Care*, 23: 308. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2540-4>
- Gutiérrez- Arias R., Jalil Y., Fuentes-Aspe R., Seron P. (2022). Effectiveness of neuromuscular eletrostimulation in COPD subjects on mechanical ventilation. A systematic review and meta-analysis. *Clinics*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.clinsp.2022.100108>
- He Y., Yang Q., Dai X., Chen T., Wu H., Li K., Zhu S., Liu Y., Lei H. (2025) Effects of virtual reality technology on early mobility in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Front. Neurol.* 15:1469079. <https://doi:10.3389/fneur.2024.1469079>

- Hermans, G., & Van Aerde, N. (2022). Critical illness polyneuropathy and myopathy: Recent developments in pathophysiology and clinical management. *Journal of Intensive Care Medicine*, 37(8), 957–966. <https://doi.org/10.1177/08850666211073929>
- Hermans, G., & Van Aerde, N. (2023). ICU-acquired weakness: The current state of affairs. *Current Opinion in Critical Care*, 29(4), 364–371. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001024>
- Hiser S., Fatima A., Ali M., Needham D. (2023). Post-intensive care Syndrome (PICS): recente updates. *Journal of Intensive Care BMC*; 11:23. <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00670-7>
- Joanna Briggs Institute (JBI). (2020). JBI Manual for Evidence Synthesis. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-01>
- JBI. (2025). Textual evidence systematic reviews series paper 1: Introduction to the revised JBI methodology and overview of recent changes. *JBI Evidence Synthesis*, 23(3), 423–428. <https://doi.org/10.11124/JBIES-24-00330>
- Kolaski, K., Sadowski, E., Ziemann, T., & Hu, C. (2023). *Guidance to best tools and practices for systematic reviews. Systematic Reviews*, 12, Article 255. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02255-9>
- Latronico, N., & Bolton, C. F. (2023). Critical illness polyneuropathy and myopathy: A major cause of muscle weakness and paralysis. *The Lancet Neurology*, 22(2), 166-178. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(22\)00269-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(22)00269-3)
- Li L., Li F., Zhang X., Song Y, Li S., and Yao H. (2024). The effects of electrical stimulation in critical patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Neurology*. 15: 1403594. <https://doi:10.3389/fneur.2024.1403594>
- Liebano, R. (2021). *Eletroterapia aplicada à reabilitação: dos fundamentos às evidências*. (1ª edição, p 190). Thieme Revinter Publicações

- Liu M., Luo J., Zhou J., Zhu X. (2020). Intervention effect of neuromuscular electrical stimulation on ICU acquired weakness: A meta- analysis. *International Journal of Nursing Sciences* 7, 228-237. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2020.03.002>
- Lizarondo, L., Stern, C., Salmond, S., Carrier, J., Cooper, K., Godfrey, C., Vandyk, M., Pollock, D., Rieger, K., Apostolo, J., Kirkpatrick, P., Borges Dos Santos, K., & Loveday, H. (2025). Methods for data extraction and data transformation in convergent integrated mixed methods systematic reviews. *JBI Evidence Synthesis*, 23(3), 429–440. <https://doi.org/10.11124/JBIES-24-00331>
- Maffiuletti, N., Dirks, M., Stevens-Lapsley J., McNeil, C. (2023). Electrical stimulation for investigating and improving neuromuscular function *in vivo*: Historical perspective and major advances. *Journal of Biomechanics*; 152: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111582>
- Mammucari, C., & Sandri, M. (2023). The role of autophagy in skeletal muscle homeostasis and disease. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 24(2), 120–138. <https://doi.org/10.1038/s41580-022-00585-7>
- Mendes R., Lopes P., Novo A., Nunes M., Castelo-Branco M., (2023). Impacto dos programas de mobilização progressiva precoce no doente crítico: revisão sistemática da literature. *Rev Port Enf Reab.* 30 de junho; 6 (1): e309. <https://rper.aper.pt/index.php/rper/article/view/309>
- Meyer-Frießem, C. H., Malewicz, N. M., Zahn, P. K., et al. (2021). Incidence, time course and influence on quality of life of intensive care unit-acquired weakness symptoms in long-term intensive care survivors. *Journal of Intensive Care Medicine*, 36(11), 1283–1292. <https://doi.org/10.1177/0885066620949178>
- Miranda, M., & Duarte, L. (2022). A utilização da estimulação elétrica neuromuscular (eenm) em pacientes internados em unidades de terapia intensiva: Uma revisão bibliográfica. *Estudos Avançados Sobre Saúde E Natureza*, 2. <https://doi.org/10.51249/easn02.2021.623>

- Miyagishima S., Akatsuka M., Tatsumi H., Bunya N., Sawamoto K., Narimatsu Eichi & Masuda Y. (2024). Neuromuscular Electrical Stimulation Under deep sedation reduces the incidence of ICU-acquired weakness in critically ill patients with COVID-19 with acute respiratory distress syndrome. *Cureus*.16 (10)e71029. <https://doi:10.7759/cureus.71029>
- Moraes AV., Costa JS., Nascimento JMR. (2019). Os efeitos da eletroestimulação transcutânea em pacientes na unidade de terapia intensiva. *Rev. Pesqui Fisioter.*, 9(4): 572-580. <https://doi:10.17267/2238-2704rpf.v9i4.2553>
- Nakamura, K., Nakano, H., Naraba, H. *et al.* (2020) Early rehabilitation with dedicated use of belt-type electrical muscle stimulation for severe COVID-19 patients. *Crit Care* 24, 342. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03080-5>
- Nakanishi, N., Yoshihiro, S., Kawamura, Y., *et al.* (2023). Effect of neuromuscular electrical stimulation in patients with critical illness: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Care Medicine*, 51(10), 1386–1396. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000005994>
- Nonoyama T., Hiroko Shigemi P., Kubota M., Matsumine A., Shigemi K., Ishizuka T. (2022). Neuromuscular electrical stimulation in the intensive care unit prevents muscle atrophy in critically ill older patients: A retrospective cohort study. *Medicine*; 101: 31. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000029451>
- Ordem dos Enfermeiros. (2019). Regulamento das Competências específicas do enfermeiro especialista em Enfermagem de Reabilitação. In Diário da República, 2a série - n.º 85 - 3 de maio de 2019. <https://dre.pt/home/-/dre/122216893/details/maximized>
- Ordem dos Enfermeiros. (2019). Regulamento da Norma para Cálculo de Dotações Seguras dos Cuidados de Enfermagem. In Diário da República, Série II – n.º 743 – 25 de setembro de 2019, <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/regulamento/743-2019-124981040>

- Ordem dos Enfermeiros, Secção Regional do Sul. (2025). *MovER na UCI – Projeto de Enfermagem de Reabilitação com mobilização precoce e progressiva*. Candidatura ao 7º Orçamento Participativo da Ordem dos Enfermeiros.
- Parry, S. M., Connolly, B., & Berney, S. C. (2023). Rehabilitation and recovery following critical illness. *Current Opinion in Critical Care*, 29(2), 167–174. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001039>
- Pham S. & Puckett. (2023). *Physiology, skeletal muscle contraction*. National Library of Medicine. Statpearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431128/>
- Papatheodorou, S. (2019). Umbrella reviews: what they are and why we need them. *Eur J Epidemiol* 34, 543–546. <https://doi.org/10.1007/s10654-019-00505-6>
- Petrucci, M., Gemma S., Carbone L., Piccioni A., Della Polla D., Simeoni B., Franceschi F., Covino M. (2025). ICU-Acquired weakness: From pathophysiology to management in critical care. *Emergency care and medicine*; 2,4. <https://doi.org/10.3390/ecm20100004>
- Plentz R. & Sbruzzi G. (2020). Indicação e uso da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) no tratamento de pacientes adultos críticos com COVID-19. *ASSO-BRAFIR*: 1-10
- Pollock M., Fernandes, R.M., Pieper D., Tricco A.C., Gates M., Gates A., & Hartling L. (2019) Preferred Reporting Items for Overviews of Reviews (PRIOR): a protocol for development of a reporting guideline for overviews of reviews of healthcare interventions. *Systematic reviews*, 8(1) :335. <https://doi.org/10.1186/s13643-019-1252-9>
- Prazeres, V., Ribeiro C., Marques G., (2021). Contributo da enfermagem de reabilitação nas unidades de cuidados intensivos. *Rev Port Enf Reab*: 88-91, <https://doi10.33194/rper.2021.158>
- PulmCCM. (2025). Guideline update: Early mobilization advised for all ICU patients. *PulmCCM*.

- Rawal H.& Bakhru R., (2024). Early mobilization in the UCI. *Chest Critical Care*, 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.chstcc.2023.100038>
- Reis S., Castro E., Carvalho S., Carvalho S., Fernandes C., Martins M. (2021). Mobilização precoce de doentes na unidade cuidados intensivos: contributo para a enfermagem de reabilitação. Uma revisão sistemática da literatura. *Rev Port Enf Reab*:23-30, <https://doi.org/10.33194/rper.2021.v4n1.151>
- Rich, M. M., & Pinter, M. J. (2020). Sodium channel inactivation and calcium homeostasis in critical illness myopathy: Evidence for reversible physiological mechanisms. *Journal of Physiology*, 598(1), 17–29. <https://doi.org/10.1113/JP278802>
- Schiaffino, S., Dyar, K. A., Ciciliot, S., Blaauw, B., & Sandri, M. (2023). Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *Nature Reviews Endocrinology*, 19(1), 15–30. <https://doi.org/10.1038/s41574-022-00775-5>
- Schweickert, W. D., Patel, B. K., & Kress, J. P. (2022). Timing of early mobilization to optimize outcomes in mechanically ventilated ICU patients. *Critical Care*, 26(1), 266. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04141-7>
- Sepúlveda-Jofré, P., Gerra-Veja, P., Fu, C., Marzuca-Nassr, G. (2021). Skeletal muscle atrophy in critical ill patients and the use of electrical stimulation as a treatment strategy: Recommendations for clinical practice. *Trends in Anaesthesia and Critical Care*, 40:14-22, <https://doi.org/10.1016/j.tacc.2021.05.002>
- Silva V., Silva G., Oliveira D., Rocha H., Cordeiro R., Lacerda L., Patriota A., Rodrigues J., Cruz S. & Souza I. (2024). Disfunção diafragmática induzida pela ventilação: uma revisão bibliográfica. *CONAETI*, c20. <https://doi.org/10.58871/conaeti.v3.20>
- Skoretz, S. A., Flowers, H. L., & Martino, R. (2020). Dysphagia following endotracheal intubation: Diagnostic and clinical considerations. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 8(3), 187–197. <https://doi.org/10.1007/s40141-020-00267-0>

- Suresh V., Singh K., Vaish E., Gurjar M., Nambi A., Khulde Y. & Muzaffar S. (2024). Artificial intelligence in the intensive care unit: current evidence on an inevitable future tool. *Cureus*; 16(5): e 59797. <https://doi:10.7759/cureus.59797>
- Taher A., Al-Sultani A. (2023). Electrical muscle stimulation and its advantages. *Journal of Humanities and Social Science Researches*; 1-9. <https://doi:10.33687/jhssr.002.02.00054>
- Tsuchikawa Y., Tanaka S., Kasugai D., Nakagawa R., Shimizu M., Inove T., Nagaya M., Nasu T., Omote N., Hiashi M., Yamamoto T., Jingushi N., & Nishida Y. (2024). Effects of acute phase intensive electrical muscle stimulation in COVID-19 patients requiring invasive mechanical ventilation: an observational case-control study. *Scientific Reports*: 14:5254. <http://doi.org/10.1038/s41598-024-55969-8>
- Valenzuela, P., Joyner, M. & Lucia, A. (2020). Early mobilization in hospitalized patients with COVID-19. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 63 (4): 384- 5, <https://doi:10.4187/respcare.07904>
- Vanhorebeek I., Latronico N., Van den Berghe G. (2020). *ICU-acquired weakness*. *Intensive Care Med*, <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05944-4>
- Van Aerde, N., Meersseman, P., & Hermans, G. (2021). Critical illness polyneuropathy and myopathy: The pathophysiology explained. *Current Opinion in Anaesthesiology*, 34(2), 123–130. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000957>
- Van Hees, H. W. H., Schellekens, W.-J., & Linkels, M. (2021). Autophagy and muscle wasting in critical illness. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 12(4), 989–1002. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12715>
- Wageck B., Nunes G., Silva F., Damasceno M., Noronha M., (2014). Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: systematic review. *medicina intensiva*, 38 (7): 444-454, <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2013.12.003>

- Waldauf P., Jiroutková K., Krajčová A., Puthuchery Z., Duška F., (2020). Effects of Rehabilitation Interventions on Clinical Outcomes in Critically ill Patients: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Critical Care Medicine*, 1-11, <https://10.1097/CCM.0000000000004382>
- Wang, W., Zheng, H., & Rich, M. M. (2020). Neuromuscular disorders in critically ill patients: Novel insights into pathophysiology and potential therapeutic targets. *Frontiers in Medicine*, 7, 559789. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.559789>
- Williams N. & Flynn M. (2013). A review of the efficacy of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Physiotherapy Theory and Practice*, 1-6, <https://doi.org/10.3109/09593985.2013.811567>
- Xu, C., et al. (2024). Effect of neuromuscular electrical stimulation in critically ill adults with mechanical ventilation: A network meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine*, 24, 56. <https://doi.org/10.1186/s12890-024-02854-9>
- Yang, Z., Wang, X., Chang, G., Cao, Q., Wang, F., & Peng, Z. (2022). A systematic review and meta-analysis of risk factors for intensive care unit-acquired weakness. *Medicine*, 101(43), e31405. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031405>
- You H., Docherty S., Ashana D., Pan W., Cox C. & Oyesaya T. (2025). Nurses' Role in transitional care during intensive care unit family meeting for patients with prolonged mechanical ventilation, *Journal of Advanced Nursing*; 0:1-13 <https://doi.org/10.1111/jan.70191>
- Yustiawan A., Semedi B., Arfianti L., Hidayati H., Edwar P., Airlangga P., Santoso K., Andriana M. (2024). The effect of early neuromuscular electrical stimulation in intensive care unit-acquired weakness, *Anaesthesia, Pain & Intensive Care*, vol (28) 4, <https://doi.org/10.35975/apic.v28i4.2405>
- Zayed Y., Kheiri B., Barbarawi M., Chahine A., Rashdan L., Chintalapati S., Bachuwa G., Al-Sanouri I. (2019). Effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis of randomised

controlled trials, *Australian Critical Care*, <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2019.04.003>

Zeydi A. & Karkhah S. (2024). Nursing the future: How artificial empowers critical care nurses to revolutionize intensive care unit rehabilitation. *J Nurs Rep Clin Pract*; 2(1): 1-2. <https://doi.org/10.32598/JNRCP.23.114>

Zhang, Y., Hu, Q., Zhou, M., Wang, Y., Yang, J., Jin, X., Zhang, X., & Ma, F. (2025). Risk factors for acquired weakness in intensive care unit patients: An umbrella review. *Intensive & Critical Care Nursing*, 88, 103940. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2024.103940>

ANEXOS

Anexo I – Avaliação da Qualidade Metodológica

JBI Critical Appraisal Checklist for Systematic Reviews and Research Syntheses

Reviewer _____ Date _____ Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Is the review question clearly and explicitly stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the inclusion criteria appropriate for the review question?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the search strategy appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were the sources and resources used to search for studies adequate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were the sources and resources used to search for studies adequate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Was critical appraisal conducted by two or more reviewers independently?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were there methods to minimize errors in data extraction?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Were the methods used to combine studies appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Was the likelihood of publication bias assessed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Were recommendations for policy and/or practice supported by the reported data?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Were the specific directives for new research appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

Anexo II - Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement

