

EFEITO DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR NA AMPLITUDE DE MOVIMENTO DE PACIENTES EM ESTADO DE IMOBILIDADE PROLONGADA UMA REVISÃO DE LITERATURA

PASTRE, Pedro Henrique Silva.
LUCHESA, Cesar Antonio.

RESUMO

Deixar um paciente imobilizado resulta em uma série de efeitos adversos, como redução de força e de massa muscular, o que aumenta o risco de queda, de úlceras de pressão, tempo de internamento, risco de tromboembolismo venoso e redução da independência do paciente. Assim, objetivou-se verificar o efeito da eletroestimulação neuromuscular (EENM) no aspecto da amplitude de movimento (ADM) de pessoas em estado de imobilidade. Este estudo trata-se de uma revisão de literatura que teve suas buscas dos artigos realizadas nas bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MedLine/PubMed) e *The National Center for Biotechnology Information* (NCBI). Para obter os artigos usou as seguintes palavras-chave: “Estimulação elétrica”, “imobilização”, “amplitude de movimento articular”, “pacientes internados”, “debilidade muscular” sob os descritores booleanos “and” e “or”. Estudos adicionais foram identificados por pesquisa manual das referências obtidas nos artigos e a busca de referências se limitou a artigos escritos em português e inglês. Incluiu pesquisas com a aplicação de eletroestimulação neuromuscular para fins de análise na amplitude de movimento da amostra. A revisão apontou que, embora a EENM mostre potencial para preservar a massa muscular e a amplitude de movimento em pacientes imobilizados, sua eficácia pode depender da condição e da aplicação específicas. Os estudos sugerem que a EENM é uma boa opção complementar ao estimular a função muscular, dessa forma, não influencia diretamente a ADM de forma significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Estimulação elétrica, imobilização, pacientes internados, amplitude de movimento articular, debilidade muscular.

1. INTRODUÇÃO

O assunto do artigo é sobre o efeito da EENM na amplitude de movimento em pacientes em estado de imobilidade prolongada. A análise abordará os resultados de pesquisas feitas nos últimos 20 anos para verificar o efeito do tratamento associado à EENM na ADM dessas pessoas.

Como demonstrado por *Truong, AD, Fan, E., Brower, RG et al. (2009)* a imobilidade a longo prazo está associada a múltiplas complicações clínicas, tendo efeitos prejudiciais nos pacientes durante e após a internação na Unidade de Terapia Intensiva (UTI).

Estudos recentes constataram que a mobilização precoce e a estimulação elétrica neuromuscular podem prevenir e tratar a atrofia muscular em pacientes gravemente enfermos. Um terço dos pacientes apresenta comprometimento funcional após a alta da UTI, o qual abrange funções físicas, mentais e cognitivas prejudicadas (*Nakanishi N, Takashima T, Oto J., 2020*).

Nesse sentido os estudos apontam um efeito benéfico da EENM no sistema musculoesquelético “A eletroestimulação neuromuscular pode ser uma ferramenta eficaz para a prevenção da atrofia muscular e a manutenção da massa muscular em condições de imobilização prolongada, como em pacientes acamados.” de *Dirks et al., "Neuromuscular Electrical Stimulation Prevents Muscle Atrophy in Critically Ill Patients" (2015)*.

Ainda, entre os efeitos imediatos estão o mecanismo de inibição recíproca, o relaxamento do músculo espástico e a estimulação sensorial das vias aferentes, os quais variam conforme a frequência utilizada e outros parâmetros, como a largura do pulso, o tempo on/off e a área estimulada (MARKO et al., 2009).

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) tem mostrado efeitos promissores na mitigação dos impactos negativos da imobilização na amplitude de movimento (ADM) e na função muscular. Estudos demonstraram que a EENM pode ajudar a manter ou melhorar a ADM em articulações e músculos imobilizados (Bao et al., 2022; Olech et al., 2021).

Em um estudo com pacientes de UTI, a EENM aplicada aos músculos agonistas e antagonistas resultou em uma diminuição menor na ADM ativa do tornozelo em comparação com o grupo controle e a EENM aplicada a um único músculo (Bao et al., 2022).

Curiosamente, os efeitos da EENM na ADM podem variar dependendo da duração da imobilização e dos músculos específicos visados. Em pacientes idosos com fraturas do rádio distal, aqueles que foram submetidos a 6 semanas de imobilização gessada apresentaram maior flexão do punho (75°) em comparação com aqueles com 4 semanas de imobilização (62°) (Olech et al., 2021). No entanto, nenhum grupo alcançou simetria total na ADM entre os membros tratados e saudáveis. Como visto, estudos apontam que a eficácia pode depender de fatores como a duração da imobilização, os músculos visados e o protocolo de EENM específico utilizado. Mais pesquisas são necessárias para otimizar os parâmetros de EENM para diferentes cenários clínicos e populações de pacientes.

Portanto objetiva-se com esta pesquisa verificar o efeito da eletroestimulação neuromuscular na amplitude de movimento articular de pacientes em estado de imobilidade prolongada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PERDA DE FORÇA, MASSA MUSCULAR E TÔNUS DO DOENTE CRÍTICO

Como demonstrado por *Truong, AD, Fan, E., Brower, RG et al. (2009)* a imobilidade a longo prazo está associada a múltiplas complicações clínicas, tendo efeitos prejudiciais nos pacientes durante e após a internação na UTI. Pacientes com fraqueza adquirida na UTI apresentam maior duração da ventilação mecânica e tempo de internação, durante o acompanhamento após a alta hospitalar, mais de 50% dos pacientes que desenvolveram anormalidades neuromusculares associadas a doenças críticas apresentaram anormalidades neuromusculares persistentes com 28% sofrendo de incapacidade grave, como tetraparesia, tetraplegia ou paraplegia.

Apesar de todas as articulações poderem ser afetadas com a imobilização, o quadril, o joelho e o tornozelo são as mais suscetíveis devido aos efeitos da gravidade, e pela dificuldade de extensão total das articulações quando sentado ou recostado, sendo que a contratura dessas articulações dificultam os movimentos de transferência (Guedes, L. P. C. M., Oliveira, M. L. C. de., & Carvalho, G. de A.. 2018).

A perda de força muscular, massa muscular e tônus em pacientes acamados é uma preocupação significativa em ambiente hospitalar. A imobilidade prolongada leva a uma rápida deterioração da musculatura, conhecida como atrofia muscular, devido à diminuição da atividade física e à falta de estímulo muscular.

Estudos mostram que a perda de massa muscular pode ocorrer rapidamente em pacientes acamados, podendo variar de 0,5% a 1,5% por dia, dependendo da condição do paciente e da duração do período de imobilidade (*Gruther et al., 2009*).

Além disso, a fraqueza muscular pode levar a complicações adicionais, como diminuição da mobilidade, aumento do risco de quedas e dificuldade na realização de atividades básicas da vida diária.

A perda de massa muscular afeta diretamente a estabilidade das articulações e a mobilidade, levando à degeneração gradual da cartilagem articular (*Shorter et al., 2019*).

2.2 EFEITOS DA EENM NO SISTEMA MUSCULAR

O resultado e a taxa de sobrevivência de pacientes gravemente enfermos melhoraram nas últimas décadas por meio de novas abordagens de ventilação mecânica e avanços em cuidados intensivos. No entanto, a insuficiência respiratória e de múltiplos órgãos associada muitas vezes necessita de uma terapia prolongada e intensiva.

A internação em unidade de tratamento (UTI), onde modalidades terapêuticas invasivas, como ventilação mecânica, suporte circulatório e o uso de agentes sedativos, bloqueadores neuromusculares, corticosteróides ou certos antibióticos afetarão negativamente a massa e a força muscular. Esses pacientes apresentam redução da atividade física e ficam imobilizados na cama, o que aumenta ainda mais o catabolismo muscular e diminui a síntese de proteínas musculares e a massa muscular (*Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R, 2014*).

Dirks ML e colaboradores (2014) investigaram a eficácia da EENM duas vezes ao dia para aliviar a perda muscular em pacientes de UTI totalmente sedados. Uma perna foi submetida à EENM duas vezes ao dia do músculo quadríceps enquanto a outra perna atuou como controle não estimulado (CON). Diretamente antes da primeira e na manhã seguinte à última sessão de EENM, biópsias do músculo quadríceps foram coletadas de ambas as pernas para avaliar a área de secção transversal específica do tipo de fibra muscular (AST). Na perna CON notou-se diminuição de proteínas estruturais nas fibras musculares ($P < 0,05$). Nenhuma atrofia muscular foi observada na perna estimulada. Essa estratégia intervencionista mostrou-se eficaz e viável para prevenir a atrofia muscular esquelética em pacientes gravemente enfermos em coma.

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) representa um método eficaz para estimular a síntese de proteínas musculares e aliviar a atrofia por desuso muscular em indivíduos saudáveis (*Dirks ML, Hansen D, Van Assche A, Dendale P, Van Loon LJ, 2015*).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada foi uma revisão sistemática de abordagem qualitativa que se caracteriza por ser uma ferramenta para resumir, avaliar e comunicar os resultados de uma grande quantidade de pesquisas com a finalidade de analisar as principais contribuições teóricas dos últimos 15 anos. Diante disso, a presente revisão teve seu norte estruturado com base na estratégia PICO (acrônimo para P: população/pacientes; I: intervenção; C: comparação/controle; O: desfecho/outcome) para seleção dos objetos de estudo. P: pacientes em estado de imobilidade prolongada, I: Estimulação elétrica neuromuscular (EENM), C: pacientes que não realizaram o tratamento com a EENM e O: verificar o efeito da EENM na amplitude de movimento articular.

A busca foi realizada em revistas e bibliotecas nacionais e internacionais. A escolha dos estudos foi realizada nas bases de dados *Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde* (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MedLine/PubMed), e *The National Center for Biotechnology Information* (NCBI).

Os critérios de inclusão englobam artigos científicos publicados em revistas indexadas nas bases de dados mencionadas, tanto em inglês quanto em português, abrangendo o período de 2009 a 2024. A busca teve como norte os artigos que discutem os efeitos da eletroestimulação neuromuscular na amplitude de movimento em pacientes hospitalizados em estado de imobilidade prolongada. Para assegurar a especificidade do tema abordado, foram estabelecidos critérios de exclusão que eliminaram da análise artigos que não tratassem diretamente o tema em questão, também foram eliminados os artigos repetidos, artigos que não estavam relacionados ao tema de interesse e/ou que não se relacionavam com os elementos da estratégia de busca aplicada (PICO).

Os artigos foram obtidos por meio das seguintes palavras-chave: “Estimulação elétrica”, “imobilização”, “amplitude de movimento articular”, “debilidade muscular”, “Electrical stimulation”, “immobilization”, “inpatients”, “range of joint movement”, “muscle weakness” indexadas nas plataformas Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Heading Terms (MeSH) sob os descritores booleanos “and” e “or”. Estudos adicionais foram identificados por pesquisa manual das referências obtidas nos artigos e a busca de referências se limitou a artigos escritos em português e inglês. Foram incluídos ao final da análise apenas os estudos que abordaram o tratamento com EENM em pacientes imobilizados a fim de avaliar a ADM do segmento afetado e/ou avaliar o tratamento de alterações primárias do sistema músculo esquelético que levam a uma redução de ADM, ou seja, patologias ou acometimentos que influenciam diretamente a amplitude de movimento articular dos indivíduos. Cartas, resumos, revistas e dissertações foram excluídos, bem como estudos que utilizaram modelos animais e estudos com acesso limitado para leitura. Ao aplicar os devidos critérios de elegibilidade, 10 artigos foram selecionados para a análise de resultados, outros 7 artigos foram utilizados a fim de complementar a fundamentação teórica.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

A seleção inicial pela leitura dos resumos selecionou 38 artigos dos quais 21 foram descartados após uma leitura criteriosa, ao final, 17 pesquisas foram utilizadas para melhor análise, destas, 10 foram considerados relevante e 7 contribuíram para o referencial teórico e contextualização, dessas, 1 da biblioteca Scielo, 2 da biblioteca BVS e 14 da PubMed. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: estudos com dados incompletos, estudos duplicados, estudos publicados somente em livros e estudos não relacionados com o tema estudado. Os 10 artigos selecionados para a análise final demonstraram que a estimulação elétrica (E-stim) tem efeitos promissores na melhora da amplitude de movimento em pacientes imobilizados, entretanto, ainda apresentou alguns resultados contraditórios.

Um estudo em pacientes de unidade de terapia intensiva descobriu que o tratamento com EENM nos músculos gastrocnêmio e tibial anterior resultou em reduções menores na amplitude de movimento da articulação do tornozelo em comparação a um grupo de controle que recebeu apenas o tratamento padrão (Bao et al., 2022). Isso sugere que a EENM pode ajudar a preservar a mobilidade articular em pacientes acamados.

A terapia com E-stim aplicada aos músculos gastrocnêmios de pacientes com COVID-19 gravemente enfermos na UTI resultou em melhora da força do tornozelo e resistência muscular em comparação com um grupo de controle após 3-9 dias de tratamento. Especificamente, o grupo de intervenção mostrou resistência muscular gastrocnêmio significativamente maior em 9 dias, com uma melhora de 6,3% em relação à linha de base. Isso sugere que a E-stim pode ajudar a prevenir o descondicionamento muscular dos membros inferiores em pacientes imobilizados na UTI (Zulbaran-Rojas et al., 2022). Ainda, uma única sessão de TENS do tipo burst aumentou a ADM cervical em indivíduos com pontos-gatilho miofasciais latentes (Rodríguez-Fernández et al., 2011).

Em soma, MARKO, 2009 mostra que a estimulação elétrica neuromuscular (NMES) pode melhorar a amplitude de movimento (ADM) da articulação quando usada em conjunto com outros tratamentos. No entanto, o mecanismo específico pelo qual a EENM afeta a ADM precisa ser verificado por mais estudos experimentais, entre os efeitos imediatos estão o mecanismo de inibição recíproca, o relaxamento do músculo espástico e a estimulação sensorial das vias aferentes, os quais variam conforme a frequência utilizada e outros parâmetros, como a largura do pulso, o tempo on/off e a área estimulada (MARKO et al., 2009).

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) tem mostrado efeitos promissores na mitigação dos impactos negativos da imobilização na amplitude de movimento (ADM) e na função muscular. Estudos demonstraram que a EENM pode ajudar a manter ou melhorar a ADM em articulações e músculos imobilizados (Bao et al., 2022; Olech et al., 2021).

Curiosamente, um estudo em pacientes com AVC não encontrou efeitos significativos da EENM combinada com alongamento estático na amplitude passiva de movimento do braço em comparação a um grupo de controle (Jong et al., 2013).

Isso contradiz outras descobertas que mostram os benefícios da EENM para a amplitude de movimento. A discrepância pode ser devido a diferenças nas populações de pacientes ou protocolos de estimulação, por exemplo, em distúrbios temporomandibulares, enquanto modalidades de

estimulação elétrica como TENS reduziram a dor, seu efeito na amplitude de movimento da articulação não foi significativo (Serrano-Muñoz et al., 2023) .

Isso sugere que a EENM pode não ser igualmente eficaz para todas as condições ou populações de pacientes. Em resumo, embora a EENM mostre potencial para preservar a massa muscular e a amplitude de movimento em pacientes imobilizados, sua eficácia pode depender da condição e da aplicação específicas.

Mais pesquisas são necessárias para determinar protocolos ideais e identificar quais grupos de pacientes têm mais probabilidade de se beneficiar. No geral, a EENM parece ser uma intervenção segura que pode ser considerada como parte de um programa abrangente de reabilitação para pacientes imobilizados, mas deve ser avaliada caso a caso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluindo, os achados da revisão de literatura apontam a estimulação elétrica uma e terapia promissora, segura e complementar para a manutenção da amplitude de movimento e a função muscular em pacientes imobilizados, particularmente em ambientes de cuidados intensivos. No entanto, mais pesquisas são necessárias para otimizar os parâmetros de estimulação e determinar os resultados a longo prazo. Embora os resultados sejam um tanto mistos, a maioria das evidências indica que a EENM pode ser uma ferramenta útil para manter a amplitude de movimento, principalmente por meio da prevenção da atrofia muscular em pacientes imobilizados, ou seja, não parece haver efeitos diretos da EENM na amplitude de movimento de maneira significativa, a manutenção da ADM se apresenta muito mais secundária à uma manutenção do funcionamento muscular, como força e trofismo, o que levam a manutenção da ADM. Além disso, os efeitos parecem ser maiores quando associados a EENM com os tratamentos fisioterapêuticos comuns.

Parece ser seguro e bem tolerado, com estudos não mostrando efeitos adversos em fatores como dor, fadiga ou marcadores sanguíneos. Mais pesquisas podem ser necessárias para otimizar os protocolos de EENM para diferentes grupos de pacientes e regiões do corpo.

REFERÊNCIAS

Guedes, L. P. C. M., Oliveira, M. L. C. de., & Carvalho, G. de A.. (2018). Deleterious effects of prolonged bed rest on the body systems of the elderly - a review. *Revista Brasileira De Geriatria E Gerontologia*, 21(4), 499–506. <https://doi.org/10.1590/1981-22562018021.170167>

Nakanishi N, Takashima T, Oto J. Atrofia muscular em pacientes criticamente enfermos : uma revisão de sua causa, avaliação e prevenção. *J Med Invest*. 2020;67(1,2):1-10. doi: 10.2152/jmi.67.1. PMID: 32378591.

Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt G, Langer D, Gosselink R. Viabilidade da estimulação elétrica neuromuscular em pacientes gravemente enfermos. *Cuidado crítico J*. Dezembro de 2014;29(6):1082-8. doi: 10.1016/j.jcrc.2014.06.024. Epub 2014, 30 de junho. PMID: 25108833.

Dirks ML, Hansen D, Van Assche A, Dendale P, Van Loon LJ. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle wasting in critically ill comatose patients. *Clin Sci (Lond)*. 2015 Mar;128(6):357-65. doi: 10.1042/CS20140447. PMID: 25296344.

Dirks, M. L., Wall, B. T., Snijders, T., Ottenbros, C. L., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. (2014). Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta physiologica (Oxford, England)*, 210(3), 628–641. <https://doi.org/10.1111/apha.12200>

Truong, AD, Fan, E., Brower, RG et al. Revisão da bancada ao leito: Mobilizando pacientes na unidade de terapia intensiva – da fisiopatologia aos ensaios clínicos. *Crit Care* 13 , 216 (2009). <https://doi.org/10.1186/cc7885>

Gruther W, Benesch T, Zorn C, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Fialka-Moser V, Spiss C, Kainberger F, Crevenna R. Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *J Rehabil Med*. 2008 Mar;40(3):185-9. doi: 10.2340/16501977-0139. PMID: 18292919.

MARKO, et al. Bilateral upper limb training with functional electric stimulation in patients with chronic stroke. *Neuro rehabilitation and Neural Repair*, v. 23, n. 4, p. 357-365, 2009.

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(1), 780. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05739-2>

Olech J, Konieczny G, Tomczyk Ł, Morasiewicz P. A Randomized Trial Assessing the Muscle Strength and Range of Motion in Elderly Patients following Distal Radius Fractures Treated with 4- and 6-Week Cast Immobilization. *J Clin Med*. 2021 Dec 9;10(24):5774. doi: 10.3390/jcm10245774. PMID: 34945070; PMCID: PMC8708782.

Jong, L. D., Dijkstra, P. U., Gerritsen, J., Geurts, A. C., & Postema, K. (2013). Combined arm stretch positioning and neuromuscular electrical stimulation during rehabilitation does not improve range of motion, shoulder pain or function in patients after stroke: a randomised trial. *Journal of physiotherapy*, 59(4), 245–254. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(13\)70201-7](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70201-7)

Serrano-Muñoz, D., Beltran-Alacreu, H., Martín-Caro Álvarez, D., Fernández-Pérez, J. J., Aceituno-Gómez, J., Arroyo-Fernández, R., & Avendaño-Coy, J. (2023). Effectiveness of Different Electrical Stimulation Modalities for Pain and Masticatory Function in Temporomandibular Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The journal of pain*, 24(6), 946–956. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2023.01.016>

Zulbaran-Rojas, A., Mishra, R., Rodriguez, N., Bara, R. O., Lee, M., Bagheri, A. B., Herlihy, J. P., Siddique, M., & Najafi, B. (2022). Safety and efficacy of electrical stimulation for lower-extremity muscle weakness in intensive care unit 2019 Novel Coronavirus patients: A phase I double-blinded randomized controlled trial. *Frontiers in medicine*, 9, 1017371. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1017371>

Colson SS, Benchortane M, Tanant V, Faghan JP, Fournier-Mehouas M, Benaïm C, Desnuelle C, Sacconi S. Neuromuscular electrical stimulation training: a safe and effective treatment for facioscapulohumeral muscular dystrophy patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 May;91(5):697-702. doi: 10.1016/j.apmr.2010.01.019. PMID: 20434605.

Sawada, T., Chater, T. E., Sasagawa, Y., Yoshimura, M., Fujimori-Tonou, N., Tanaka, K., Benjamin, K. J. M., Paquola, A. C. M., Erwin, J. A., Goda, Y., Nikaido, I., & Kato, T. (2020). Developmental excitation-inhibition imbalance underlying psychoses revealed by single-cell analyses of discordant twins-derived cerebral organoids. *Molecular psychiatry*, 25(11), 2695–2711. <https://doi.org/10.1038/s41380-020-0844-z>

Shorter, E., Sannicandro, AJ, Poulet, B. et al. Desgaste muscular esquelético e sua relação com osteoartrite: uma mini-revisão de mecanismos e intervenções atuais. *Curr Rheumatol Rep* 21, 40 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11926-019-0839-4>

Rodríguez-Fernández AL, Garrido-Santofimia V, Güeita-Rodríguez J, Fernández-de-Las-Peñas C. Effects of burst-type transcutaneous electrical nerve stimulation on cervical range of motion and latent myofascial trigger point pain sensitivity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011 Sep;92(9):1353-8. doi: 10.1016/j.apmr.2011.04.010. PMID: 21878204.