

[ARTIGO RETRATADO] **Estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática**

[RETRACTED ARTICLE] Neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients in the intensive care unit: a systematic review

Lucas Lima Ferreira¹, Luiz Carlos Marques Vanderlei¹, Vitor Engrácia Valenti¹

O Conselho Editorial da revista *einstein*, ISSN 1679-4508, decidiu, após análise, retratar o seguinte trabalho: Ferreira LL, Vanderlei LC, Valenti VE. Neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients in the intensive care unit: a systematic review. *einstein*. 2014;12(3):361-5. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-45082014RW2955>

Trata-se de cópia (com exceção de pequenos trechos) de outro artigo anteriormente publicado - Ferreira LL, Vanderlei LC, Valenti VE. Effects of electrical stimulation in patients admitted to the intensive care unit: a systematic review. *ASSOBRAFIR Ciência*. 2013;4(3):37-44.

Lamentamos qualquer mal entendido causado ao nosso leitor.

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, SP, Brasil.

Autor correspondente: Lucas Lima Ferreira – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Rua Roberto Simonsen, 305 – Vila Santa Helena – CEP: 19060-900 – Presidente Prudente, SP, Brasil – Tel.: (18) 3229-5819 – E-mail: lucas_lim21@hotmail.com

Data de submissão: 21/8/2013 – Data de aceite: 27/12/2013

DOI: 10.1590/S1679-45082014RW2955

Estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática

Neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients in the intensive care unit: a systematic review

Lucas Lima Ferreira¹, Luiz Carlos Marques Vanderlei¹, Vitor Engrácia Valenti¹

RESUMO

Objetivo: Analisar os desfechos propiciados pela estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves assistidos em unidade de terapia intensiva. **Métodos:** Revisão sistemática da literatura, por meio de ensaios clínicos publicados entre 2002 e 2012 nas bases de dados LILACS, SciELO, MedLine e PEDro, usando os descritores “intensive care unit”, “physical therapy”, “physiotherapy”, “electric stimulation” e “randomized controlled trials”. **Resultados:** Foram incluídos quatro ensaios clínicos. O tamanho amostral variou entre 8 a 33 sujeitos, de ambos os gêneros, com média de idade variando entre 52 e 79 anos, submetidos à ventilação mecânica invasiva. Dos artigos analisados, três indicaram benefícios significativos da estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves, como melhoria na força muscular periférica, capacidade de exercício, funcionalidade ou espessura de perda da camada muscular. **Conclusão:** A aplicação de estimulação elétrica neuromuscular promove uma resposta benéfica em pacientes graves em terapia intensiva.

Descritores: Modalidades de fisioterapia; Estimulação elétrica; Unidades de terapia intensiva

ABSTRACT

Objective: To analyze the outcomes obtained by the neuromuscular electric stimulation in critically ill patients in intensive care unit assisted. **Methods:** A systematic review of the literature by means of clinical trials published between 2002 and 2012 in the databases LILACS, SciELO, MEDLINE and PEDro using the descriptors “intensive care unit”, “physical therapy”, “physiotherapy”, “electric stimulation” and “randomized controlled trials”. **Results:** We included four trials. The sample size varied between 8 to 33 individuals of both genders, with ages ranging between 52 and 79 years, undergoing invasive mechanical ventilation. Of the articles analyzed, three showed significant benefits of neuromuscular electrical stimulation

in critically ill patients, such as improvement in peripheral muscle strength, exercise capacity, functionality, or loss of thickness of the muscle layer. **Conclusion:** The application of neuromuscular electrical stimulation promotes a beneficial response in critically patients in intensive care.

Keywords: Physical therapy modalities; Electric stimulation; Intensive care unit

INTRODUÇÃO

Atualmente, os avanços no manejo de pacientes em unidade de terapia intensiva (UTI) têm melhorado os resultados e as taxas de sobrevivência para essa população de pacientes.^(1,2) À medida que mais pacientes sobrevivem à doença aguda, complicações a longo prazo se tornam mais aparentes, algumas possivelmente levando a maior deficiência, com estadias e reabilitação prolongadas em cuidados intensivos.⁽³⁻⁸⁾

A fraqueza muscular do paciente grave é um dos problemas mais comuns em pacientes de UTI,^(9,10) apresentando-se de forma difusa e simétrica, acometendo a musculatura estriada esquelética apendicular e axial.^(9,11) Nesse contexto, o tratamento físico e ocupacional precoce nesses pacientes é uma área que vem apresentando um crescimento vertiginoso, porém a literatura pertinente ainda é escassa.^(12,13) O fisioterapeuta intensivista atua no tratamento dessa disfunção por meio de técnicas como a mobilização precoce do paciente grave e a estimulação elétrica neuromuscular (EENM), entre outras.⁽¹¹⁾

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, SP, Brasil.

Autor correspondente: Lucas Lima Ferreira – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Rua Roberto Simonsen, 305 – Vila Santa Helena – CEP: 19060-900 – Presidente Prudente, SP, Brasil – Tel.: (18) 3229-5819 – E-mail: lucas_lim21@hotmail.com

Data de submissão: 21/8/2013 – Data de aceite: 27/12/2013

DOI: 10.1590/S1679-45082014RW2955

Segundo a *American Physical Therapy Association* (APTA), a EENM consiste na ação de estímulos elétricos terapêuticos aplicados sobre o tecido muscular, por meio do sistema nervoso periférico íntegro, para restaurar funções motoras e sensoriais.⁽¹⁴⁾ A contração muscular induzida por ativação elétrica ocorre de modo diferente da contração muscular fisiologicamente induzida.⁽¹⁵⁾

Na contração voluntária, a ordem do recrutamento ocorre segundo o princípio de Henneman, ou seja, as unidades motoras lentas (tipo I) são utilizadas para pequenos esforços, enquanto as rápidas (tipo II) são gradualmente recrutadas quando há maiores níveis de produção de força.⁽¹⁵⁾ Durante a EENM, o recrutamento ocorre de forma inversa: as fibras rápidas são as primeiras a serem recrutadas, sendo que esse fenômeno ocorre porque o estímulo elétrico é aplicado externamente à terminação nervosa e pelo fato de as células maiores, com resistência de *input* axonal baixa, serem mais excitáveis.^(14,15)

Contudo, busca nas bases de dados especializadas não apontou revisões sistemáticas de literatura ou meta-análises que comprovem os benefícios ou malefícios proporcionados pela EENM no paciente grave internado em ambiente intensivo. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura para esclarecer os desfechos propiciados pela aplicação da EENM em pacientes graves assistidos em UTI.

MÉTODOS

Tratou-se de uma revisão sistemática de literatura, com base no *guideline* PRISMA.⁽¹⁶⁾

Critérios de elegibilidade e seleção das fontes

A busca dos artigos envolvendo o desfecho clínico pretendido foi realizada nas bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MedLine/PubMed) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). Os artigos foram obtidos por meio das seguintes palavras-chave: “*intensive care unit*”, “*physical therapy*”, “*physiotherapy*”, “*electric stimulation*” e “*randomized controlled trials*” com o descritor booleano “*and*”.

A busca de referências se limitou a artigos escritos em português, inglês ou espanhol, publicados entre 2002 a 2012.

Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos ao final da análise apenas os ensaios clínicos que abordaram a realização de alguma modalidade de EENM em pacientes grave adultos em UTI.

Cartas, resumos, dissertações, teses e relatos de caso foram excluídos, bem como estudos que utilizaram crianças ou modelos animais.

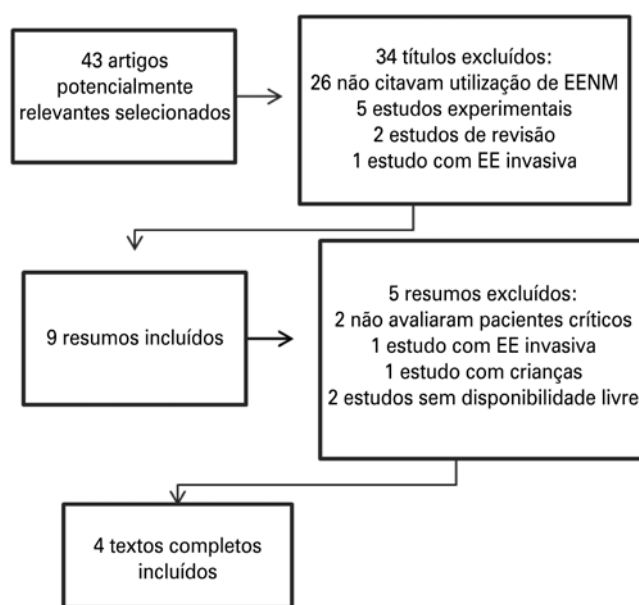
Análise dos dados

Procedeu-se à análise qualitativa dos estudos identificados, com apresentação dos dados sob a forma de tabelas, com a descrição das seguintes características: autor, características da amostra, intervenção, principais variáveis de desfecho e resultados significativos.

RESULTADOS

Foram encontrados 43 estudos relevantes, dos quais 39 foram excluídos, por não possuírem o delineamento metodológico estipulado no presente estudo (Figura 1). Assim, foram incluídos quatro ensaios clínicos⁽¹⁷⁻²⁰⁾ que contemplam os critérios estabelecidos para o desfecho pretendido.

As informações sobre os estudos inseridos encontram-se sintetizadas no quadro 1. Entre os estudos incluídos, três utilizaram grupo controle para comparação dos resultados.⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ O tamanho amostral variou entre 8 a 33 sujeitos, de ambos os gêneros, com média de idade variando entre 52 e 79 anos, submetidos à ventilação mecânica invasiva (VMI).



EENM: estimulação elétrica neuromuscular.

Figura 1. Fluxograma da estratégia de seleção dos artigos

Quadro 1. Características dos ensaios clínicos randomizados selecionados, abordando estimulação elétrica neuromuscular (EENM) no paciente grave

Autor	Características da amostra	Intervenção	Principais variáveis de desfecho	Resultados significativos
Zanotti et al. ⁽¹⁷⁾	n=24 (GE: 12; GC: 12) DPOC crônica, sob VMI, acamados por mais de 30 dias, com atrofia periférica grave	GE: exercícios ativos e EENM em MMII (30 minutos) GC: apenas exercícios ativos; Tempo: 5 vezes por semana durante 4 semanas	FMP e dias necessários para a transferência da cama para cadeira	Aumento da FMP em ambos os grupos, mais expressiva no GE; o GE conseguiu transferir-se da cama para a cadeira em menos dias
Gerovasili et al. ⁽¹⁸⁾	n=26 (GE: 13; GC: 13) Pacientes em UTI, sob VMI, com APACHE II \geq 13	GE: sessões diárias de EENM em MMII (55 minutos) GC: não especificado Tempo: do 2º ao 9º dia de UTI	Diâmetro muscular por meio da ultrassonografia	Diminuição do diâmetro muscular do quadríceps femoral em ambos os grupos, com menor decréscimo no GE
Gruther et al. ⁽¹⁹⁾	n=33 (GE: 16; GC: 17) Pacientes em UTI, estratificados em 2 grupos: precoce e tardio	GE: EENM precoce (30-60 minutos) com tempo de internação > 1 semana; e tardia com internação < 2 semanas; GC: placebo Tempo: 5 vezes por semana durante 4 semanas	Diâmetro muscular do quadríceps femoral por meio da ultrassonografia	A espessura da camada muscular diminuiu em ambos os grupos de EENM precoce. No grupo de EENM tardia, houve aumento da massa muscular.
Poulsen et al. ⁽²⁰⁾	n=8 Pacientes admitidos em UTI com choque séptico, sob VMI	EENM unilateral (60 min) com a coxa contralateral como controle pareado associado à fisioterapia convencional Tempo: 7 dias consecutivos	Avaliação da massa muscular por meio da tomografia computadorizada da coxa	Não houve diferença entre os valores basais e pós-EENM, no volume muscular, entre os lados estimulado e não estimulado

GE: grupo experimental; GC: grupo controle; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica; VMI: ventilação mecânica invasiva; MMII: membros inferiores; FMP: força muscular periférica; UTI: unidade de terapia intensiva; APACHE II: *Acute Physiology and Health Evaluation II*.

Tabela 1. Características da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) nos ensaios clínicos analisados

Modulação da EENM	Zanotti et al. ⁽¹⁷⁾	Gerovasili et al. ⁽¹⁸⁾	Gruther et al. ⁽¹⁹⁾	Poulsen et al. ⁽²⁰⁾
Frequência (Hz)	35	45	50	35
Largura de pulso (ms)	0,35	0,40	0,35	0,30
Intensidade	Não estipulado	Contração visível	Contração visível	Contração visível
Tempo da sessão (minutos)	30	55	30 a 60	60
Grupo muscular estimulado	Quadríceps e glúteos	Quadríceps e fibular longo	Quadríceps	Quadríceps

Na tabela 1 encontram-se as características da EENM utilizada nos ensaios clínicos. Tais características divergiram quanto à modulação do aparelho e do tempo de aplicação da técnica, sendo um realizado tardiamente,⁽¹⁷⁾ dois precocemente^(18,20) e um associou a EENM precoce e tardia.⁽¹⁹⁾

Dos quatro estudos incluídos nesta revisão, três mostraram benefícios significativos da aplicação de EENM em pacientes graves na UTI,⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ como melhora na força muscular periférica, capacidade de exercício, funcionalidade ou espessura de perda da camada muscular.

DISCUSSÃO

A presente revisão observou resposta benéfica da aplicação de modalidades de EENM em pacientes graves assistidos em UTI. Constatou-se também que os estudos que foram realizados tardiamente, com pacientes mais

crônicos e debilitados, e que visaram ao aumento da massa muscular, obtiveram resultados mais satisfatórios.^(17,19)

Os estudos inseridos nesta revisão demonstraram que a realização de EENM no paciente grave representa uma intervenção segura, viável e bem tolerada.⁽¹⁷⁻²⁰⁾ As reações adversas severas foram incomuns, sem necessidade de interromper a terapia – a interrupção normalmente está associada à assincronia entre o paciente e o ventilador mecânico.

Zanotti et al.⁽¹⁷⁾ compararam um protocolo de exercícios ativos e EENM em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica grave, acamados e sob VMI prolongada. O protocolo de EENM consistia na aplicação de pulsos bifásicos de onda quadrada com eletrodos de superfície no quadríceps e nos glúteos bilateralmente em sessões de 30 minutos, realizadas cinco vezes por semana, por 4 semanas. Cada sessão foi iniciada com frequência de 8Hz e 25 microssegundos (ms)

de largura de pulso, durante 5 minutos, e, depois, 35Hz de frequência e largura de pulso de 35ms, durante 25 minutos. Os autores constataram que o grupo que recebeu a EENM obteve um aumento significativamente maior da força muscular quando comparado a participantes do grupo de exercícios.

Outro estudo⁽¹⁸⁾ com pacientes graves aplicou EENM concomitantemente no quadríceps e fibular longo, do segundo ao nono dia de internação. O protocolo consistiu de sessões diárias com 45Hz de frequência e largura de pulso de 40 ms, durante 55 minutos. O grupo submetido à intervenção cursou com menor diâmetro de massa muscular em comparação ao grupo controle.

Gruther et al.⁽¹⁹⁾ aplicaram EENM no quadríceps de 17 pacientes graves, com protocolo composto por 50Hz de frequência, 35ms de largura de pulso, por 30 a 60 minutos, durante 4 semanas. Esses autores observaram atraso na diminuição da espessura média da camada muscular de pacientes submetidos a EENM a partir da segunda semana de internação na UTI.

Estudo recente⁽²⁰⁾ analisou a adição de EENM no tratamento de oito pacientes com choque séptico sob VMI e internados na UTI. O protocolo foi composto por sete sessões, com 60 minutos de duração cada, na qual era aplicada EENM com frequência de 35Hz e largura de pulso de 30ms em quadríceps unilateralmente, tendo o quadríceps contralateral como controle. Foi verificado que não houve diferença significativa no volume muscular entre o lado estimulado em comparação ao lado não estimulado. Os autores atribuem tal fato a intensidade da corrente utilizada e à patologia de base dos pacientes, que cursou com manifestações sistêmicas.

De forma geral, os quatro estudos⁽¹⁷⁻²⁰⁾ incluídos na presente revisão adotaram protocolos de EENM que variaram a frequência de 35 a 50Hz e largura de pulso de 30 a 40ms, com intensidade que provocasse contração visível, em sessões que tiveram duração entre 30 a 60 minutos, durante a 4ª semana. Tais variações nos protocolos analisados dificultam a comparação e a postulação de evidências plausíveis para a prática clínica do recurso em questão.

Cabe lembrar que os pacientes estudados encontravam-se submetidos à VMI, sendo as anormalidades neuromusculares adquiridas na UTI comuns nessa população, visto que a VMI prolongada é considerada fator de risco para o desenvolvimento de fraqueza muscular grave, além de promover prejuízo no desempenho funcional, havendo forte correlação entre o tempo livre da VMI e o desempenho funcional do paciente.⁽²¹⁾ Um estudo coorte prospectivo, realizado em quatro hospitais, detectou fraqueza muscular severa em 25% dos pacientes graves submetidos à VMI por mais de 1 semana.⁽⁵⁾

A afirmação de que melhores resultados foram obtidos quando se aplicou EENM tardiamente foi verificada pela análise do estudo de Gruther et al.,⁽¹⁹⁾ que avaliou os efeitos em dois grupos de pacientes: (1) precoce, visando à prevenção de perda de massa muscular; (2) tardia, objetivando a reversão da hipotrofia muscular. Ambos os grupos foram divididos em subgrupos de intervenção e controle. Foi evidenciada diminuição significativa da espessura da camada muscular do grupo que recebeu a intervenção precoce (em ambos os subgrupos), demonstrando que a EENM não preveniu a perda de massa muscular. Já no grupo que recebeu eletroestimulação tardia, o subgrupo de intervenção apresentou aumento significativo da massa muscular quando comparado aos sujeitos controles.

Uma explicação plausível para a EENM não ter afetado a perda de massa muscular quando aplicada precocemente em pacientes graves reside no fato de que a imobilização, mesmo quando em curto período de tempo, promove um estado catabólico para o músculo, resultando em significativa perda de massa muscular e diminuição da força, ocorrendo mais acentuadamente durante as três primeiras semanas de internação.⁽²²⁾

Em dois ensaios analisados,^(19,20) houve aplicação de EENM no músculo quadríceps, devido à acentuada perda de massa que ocorreu nesse grupo muscular nas primeiras semanas de permanência na UTI. Porém, verificou-se que tal perda não foi afetada pela aplicação diária de EENM, sendo que tal fato por ter decorrido, da possível correlação entre a intensidade da EENM e a gravidade da patologia de base, na qual a mesma pode ter afetado a excitabilidade do tecido muscular.⁽²⁰⁾

Este estudo teve como limitações o reduzido número de ensaios clínicos randomizados com avaliação metodológica adequada, o tamanho amostral reduzido dos estudos analisados, a variação dos parâmetros utilizados para a eletroestimulação e os diferentes tempos de aplicação e utilização das intervenções, bem como a heterogeneidade dos desfechos avaliados, o que compromete as comparações dos efeitos encontrados entre os autores.

Em suma, é importante considerar que a diversidade dos protocolos de EENM encontrados e dos métodos de avaliação limita a comparação direta entre os estudos. Não há consenso quanto à modulação adequada, de forma a promover contrações fortes com um mínimo de fadiga muscular. Contudo, as evidências atualmente disponíveis sobre os efeitos da EENM no paciente grave são baixas, dada a escassez de estudos publicados sobre o tema.

CONCLUSÃO

A aplicação de eletroestimulação promove resposta benéfica caracterizada por: melhora na força muscular periférica, capacidade de exercício, funcionalidade ou espessura de perda da camada muscular, em pacientes graves internados em unidade de terapia intensiva. Os resultados mais satisfatórios foram obtidos quando a estimulação elétrica neuromuscular foi aplicada tardiamente. Em termos de aplicação prática, a estimulação elétrica neuromuscular é viável e de fácil inserção no ambiente intensivo, auxiliando na correção de neuropatias periféricas e na diminuição do tempo de permanência dos pacientes na unidade de terapia intensiva.

REFERÊNCIAS

- Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, Thomason JW, Schweickert WD, Pun BT, et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2008;371(9607):126-34.
- Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342(20):1471-7.
- Scheuringer M, Grill E, Boldt C, Mittrach R, Müllner P, Stucki G. Systematic review of measures and their concepts used in published studies focusing on rehabilitation in the acute hospital and in early post-acute rehabilitation facilities. *Disabil Rehabil*. 2005;27(7-8):419-29.
- De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Durand MC, Malissin I, Rodrigues P, Cerf C, Outin H, Sharshar T; Groupe de Réflexion et d'Étude des Neuromyopathies en Réanimation. Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Crit Care Med*. 2007;35(9):2007-11.
- De Jonghe B, Sharshar T, Lefaucheur JP, Authier FJ, Durand-Zaleski I, Ponsot M, Cerf C, Renaud E, Mesrati F, Carlet J, Raphaël JC, Outin H, Bastuji-Garin S; Groupe de Réflexion et d'Étude des Neuromyopathies en Réanimation. Paresis acquired in the intensive care unit: a comparative multicenter study. *JAMA*. 2002;288(22):2859-67.
- Ali NA, O'Brien JM Jr, Hoffmann SP, Phillips G, Garland A, Amley JC, Almoosa K, Hejal R, Wolf KM, Lemeshow S, Connors AF Jr, Marsh CJ; Midwest Critical Care Consortium. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178(3):261-8.
- Stoll T, Brach M, Huber EO, Scheuringer M, Schwarzkopf SR, Konstanjek N, et al. ICF Core Set for patients with musculoskeletal conditions in the acute hospital. *Disabil Rehabil*. 2005;27(7-8):419-7. Review.
- van der Schaar M, Beelen A, Dongelmans DA, Vroom MB, Nollet F. Poor functional recovery after a critical illness: a longitudinal study. *J Rehabil Med*. 2009;41(13):1041-8.
- Martin UJ, Hincapie L, Nimchuk M, Gaughan J, Criner GJ. Impact of whole-body rehabilitation in patients receiving chronic mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2005;33(10):2259-65.
- Garnacho-Montero J, Amaya-Villar R, García-Garmendía JL, Madrazo-Osuna J, Ortiz-Leyba C. Effect of critical illness polyneuropathy on the withdrawal from mechanical ventilation and the length of stay in septic patients. *Crit Care Med*. 2005;33(2):349-54.
- Pinheiro AR, Christofoletti G. [Motor physical therapy in hospitalized patients in an intensive care unit: a systematic review]. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012;24(23):188-96. Portuguese.
- Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos G, Pawlik AJ, Eschok CL, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009;373(9653):1874-82.
- Morris PE, Goad A, Thompson C, Taylor K, Harry J, Passmore L, et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2008;36(2):2238-43.
- Electrotherapeutic terminology in physical therapy. Section on clinical electrophysiology. Alexandria: American Physical Therapy Association. 1990.
- Matheus JPC, Gomes JB, Oliveira JGP, Wilson JB, Shimano AC. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular durante a imobilização nas propriedades mecânicas do músculo isométrico. *Rev Bras Med Esporte*. 2007;13(1):55-9.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2007;339:b2700.
- Manotti E, Felletti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation. *Chest*. 2003;124(1):292-6.
- Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care*. 2009;13(5):R161.
- Gruther W, Kainberger F, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Spiss C, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil Med*. 2010;42(6):593-7.
- Poulsen JB, Møller K, Jensen CV, Weisdorf S, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med*. 2011;39(3):456-61.
- Chiang LL, Wang LY, Wu CP, Wu HD, Wu YT. Effects of physical training on functional status in patients with prolonged mechanical ventilation. *Phys Ther*. 2006;86(9):1271-81.
- 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;40(3):185-9.