

Efeitos e modos de aplicação da eletroestimulação neuromuscular em pacientes críticos

Effects and application modes of neuromuscular electrical stimulation in critical ill patients

SILVA, Ana Carolina Almeida da¹; AGUIAR, Felipe Pereira de¹; SOUSA, Lidiane Aparecida Santos¹; SILVA, Michel Pablo dos Santos Ferreira¹; MOSCHELLA, Natali Lima¹; GARDENGHI, Giulliano^{1,2,3}.

Resumo

Introdução: O paciente crítico se encontra sujeito aos diversos efeitos deletérios do imobilismo. Entre eles a perda de força muscular precoce é o que mais chama atenção. A eletroestimulação neuromuscular (EENM) surge como uma alternativa ao tratamento convencional para esses indivíduos. **Objetivo:** Este trabalho tem o intuito de verificar a aplicabilidade e os resultados da eletroestimulação neuromuscular em pacientes críticos. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, com artigos publicados entre 1987 e 2015, utilizando-se os seguintes termos para pesquisa: eletroestimulação, unidade de terapia intensiva, cuidados críticos, resultado de tratamento e sepse. **Resultados:** Observou-se que na maioria dos estudos, houve aumento da força muscular nos grupos eletroestimulados. Foi verificada também diminuição no tempo de desmame da ventilação mecânica. **Conclusão:** A EENM apresentou-se efetiva na manutenção ou ganho de força muscular, nos artigos estudados.

Palavras-chave: Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea; Unidades de Terapia Intensiva; Cuidados Críticos; Sepse; Resultado do Tratamento; Revisão.

Abstract

Introduction: The critical ill patient is subject to various deleterious effects of immobility. Among them the early loss of muscle strength is the most remarkable. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) is an alternative to conventional treatment for these individuals. **Objective:** This study aims to verify the applicability and results of NMES in critically ill patients. **Methods:** A systematic literature review was conducted, with

¹ Programa de Pós-graduação em Fisioterapia Hospitalar do Hospital e Maternidade São Cristóvão, São Paulo – SP.
E-mail: giulliano@arh.com.br

² Centro de Estudos Avançados e Formação Integrada (CEAFI), Goiânia – GO.

³ Serviço de Fisioterapia do Hospital ENCORE, Aparecida de Goiânia – GO.

articles published between 1987 and 2015, using the following search terms: electrical stimulation, intensive care unit, critical care, treatment outcome and sepsis. Results: It was observed that in most studies, there was an increase in muscle strength in the electrically stimulated groups. A decrease in time spent in the weaning of mechanical ventilation was also observed. Conclusion: The NMES showed to be effective in maintaining or gaining muscle strength in the studied articles.

Keywords: Transcutaneous Electric Nerve Stimulation; Intensive Care Units; Critical Care; Sepsis; Treatment Outcome; Review.

Introdução

No ambiente hospitalar, em especial nas unidades de terapia intensiva (UTI), estudos recentes apontam para o aumento na sobrevida dos pacientes, devido ao avanço tecnológico e científico aplicado no tratamento de doenças. Entretanto, ainda nos dias atuais, sérias reduções da capacidade funcional do paciente podem ser observadas, as quais causam impacto direto na morbidade e mortalidade hospitalar e na qualidade de vida pós alta¹. O imobilismo gera um impacto negativo na terapêutica do paciente crítico, pois suas complicações podem prolongar o tempo de internação, gerar maior risco de agravamento da doença de base e aumentar custos com o tratamento.

O paciente crítico é um indivíduo que necessita de monitorização contínua, por instabilidade de algum dos sistemas orgânicos que implique risco à vida². Nogueira et al.³ observaram 600 pacientes, que permaneceram, em média, nove dias na UTI, com casos que chegaram até a 79 dias de internação. Os autores observaram que as alterações induzidas pelo imobilismo podem começar durante as primeiras 24 horas. Tais alterações podem acometer os sistemas cardiovascular, gastrointestinal, urinário, respiratório, cutâneo e musculoesquelético^{4,5}.

Pesquisas evidenciam que, em repouso completo e prolongado, o músculo perderá de 10% a 15% de força por semana e 50% entre três e cinco semanas, sendo os músculos antigravitacionais os mais atingidos⁵.

A fisioterapia, sob a orientação de uma equipe multidisciplinar tem dado assistência a esses pacientes, com terapias que visam reabilitar e manter os sistemas orgânicos em equilíbrio. Porém, a terapêutica convencional no ambiente hospitalar carece de melhores recursos para manutenção da força muscular.

A eletroestimulação neuromuscular (EENM) consiste na aplicação de uma corrente elétrica, que pode ser de baixa ou média frequência, através de eletrodos sobre a pele, com vistas a estimular um determinado músculo⁶.

Os estudos pioneiros sobre EENM têm como objeto atletas de alta performance, desde o início dos anos setentas⁷. Posteriormente, outras análises mostraram os efeitos deste recurso no aumento de força muscular, como, por exemplo, o estudo de Maffiuletti et al.⁸, que apresentaram, em jogadores de voleibol de elite, aumento da força isométrica máxima e da altura do salto, após um programa de EENM realizado por um período de quatro semanas.

Examinando o efeito das técnicas de EENM em indivíduos saudáveis e em atletas, pesquisadores, interessados na área de reabilitação física, iniciaram estudos no intuito de verificar se essas técnicas poderiam ser eficientes também em indivíduos doentes⁹.

Diversos centros de reabilitação no mundo, incluindo-se as UTI, optaram por associar a EENM às suas rotinas terapêuticas¹⁰. O uso de correntes elétricas para estimular a musculatura do indivíduo doente ainda não faz parte do cotidiano da maioria dos serviços hospitalares e de suas respectivas unidades críticas. Outros autores^{11,12} já realizaram estudos de revisão sobre o tema EENM em pacientes graves no ambiente crítico. O presente levantamento pode agregar valor ao tema uma vez que apresenta informações referentes a 17 ensaios clínicos. O artigo abordará também detalhes referentes às maneiras pela qual foi aplicada a eletroestimulação nas populações estudadas. Com base nesse contexto, justifica-se a realização deste levantamento bibliográfico, com o objetivo de nortear outros profissionais que se sintam interessados pelo tema em questão e queiram promover uma melhor qualidade de assistência ao doente grave, utilizando, para isso, o recurso da EENM.

Objetivo

Esta revisão da literatura tem por objetivo verificar a aplicabilidade e os resultados da eletroestimulação neuromuscular em pacientes críticos.

Metodologia

O presente estudo é uma revisão sistemática da literatura e foi realizado por meio de pesquisa nos sistemas Lilacs, Medline, PubMed e Google Acadêmico. Para isso foram selecionados artigos publicados entre 1987 e 2015, em português ou inglês, utilizando-se os seguintes termos: eletroestimulação, unidades de terapia intensiva, cuidados críticos, resultado de tratamento e sepse. O levantamento foi realizado por um dos autores, com experiência na busca e interpretação de artigos científicos, e baseou-se na busca de estudos através das palavras-chave acima enunciadas e em sua gradação conforme níveis de evidência.

Os estudos foram analisados de acordo com a recomendação do “*Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*”: (A) Revisão sistemática (com homogeneidade) de ensaios clínicos controlados e randomizados; ensaio clínico controlado e randomizado com intervalo de confiança estreito; e resultados terapêuticos do tipo “tudo ou nada”. (B) Revisão sistemática (com homogeneidade) de estudos de coorte; estudo de coorte (incluindo-se ensaio clínico randomizado de menor qualidade); observação de resultados terapêuticos/estudo ecológico; revisão sistemática (com homogeneidade) de estudos caso-controle e estudo caso-controle. (C) Relato de casos (incluindo-se coorte ou caso-controle de menor qualidade). (D) Opinião de especialista sem avaliação crítica ou baseada em matérias básicas (estudo fisiológico ou estudo com animais).

Dos 32 artigos encontrados, 17 se encaixaram nos critérios de inclusão, que consistiam em considerar artigos que versassem sobre indivíduos portadores de doenças consideradas graves e com potencial para admissão em ambiente de UTI. Os artigos incluídos nos resultados ainda deveriam ser classificados entre A e C, de acordo com a classificação do *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*. Foram excluídos estudos que tratavam de EENM focando exclusivamente o tratamento de distúrbios musculoesqueléticos isolados.

Resultados

Os resultados encontrados e que abordavam os objetivos e principais achados dos diversos estudos selecionados estão expressos na Tabela 1. Os dados sobre a característica das amostras e os protocolos encontrados podem ser visualizados na Tabela 2.

Foram inclusos 17 trabalhos que estudaram 589 pacientes no total, utilizando-se a EENM, onde as principais afecções encontradas foram: sepse, trauma, doenças neurológicas, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), insuficiência cardíaca e pós-operatório de cirurgias cardíaca e abdominal.

Os estudos em geral visavam o aumento do grau de força muscular pela EENM, que relacionavam também a força à função e ao impacto positivo na qualidade de vida do paciente. Observa-se, na Tabela 2, que o tempo de duração das terapias variou de 30 a 60 minutos, sendo o quadríceps femoral o grupo muscular mais estimulado pelos autores. Nos protocolos aplicados, houve predomínio na utilização da frequência considerada intermediária, entre 45 e 60 Hz. Verificou-se que os autores concordaram em utilizar uma intensidade capaz de gerar uma contração visível no músculo alvo. Nos demais campos analisados, encontra-se uma enorme variabilidade de parâmetros utilizados. Grande parte dos estudos evidenciaram aumento de força muscular com o uso da EENM, como visto na Tabela 1. Quando o aumento de força não era o foco a ser testado no estudo, ainda assim houve a diminuição na perda de massa muscular.

Tabela 1 | Objetivos e principais achados referentes a eletroestimulação no paciente crítico.

Estudo	Objetivos	Principais Achados
Gerovasili V. et al., 2009.	Investigar o efeito da EENM no trofismo do quadríceps femoral e fibular longo de pacientes graves com sepse, trauma e doenças neurológicas como AVE.	A EENM parece preservar a massa muscular do paciente crítico. O uso da mesma em pacientes de UTI com polineuromiopia precisa ser mais investigado.
Gerovasili V. et al., 2009.	Avaliar o efeito sistêmico de curto prazo da EENM nos músculos: vasto lateral medial e fibular longo em pacientes críticos com sepse, trauma, doenças neurológicas e cardiovasculares.	A taxa de consumo de oxigênio diferiu significativamente antes do início e no fim da sessão, assim como a taxa de reperfusão, a FC aumentou, bem como a PAS nos pacientes estimulados.
Zanotti E. et al., 2003.	Comparar os efeitos da mobilização ativa com ou sem EENM, sobre a força muscular do quadríceps femoral em pacientes com insuficiência respiratória devido a DPOC.	A força muscular melhorou significativamente no grupo de pacientes que realizou a EENM.
Gruther W. et al., 2010.	Avaliar os efeitos da EENM no trofismo muscular do quadríceps femoral em pacientes na UTI com politraumatismo, doenças cardiovasculares, transplantes, pneumonia ou câncer.	Os pacientes do Grupo EENM em longo prazo apresentaram um aumento da espessura da camada muscular.
Rousti C. et al., 2010.	Avaliar a eficácia da aplicação de EENM nos músculos: vasto lateral, vasto medial e fibular longo na prevenção da polineuromiopia em pacientes criticamente enfermos.	Observou-se três casos de polineuropatia no grupo que recebeu EENM contra 11 casos no grupo controle.
Dirks M. L. et al., 2015.	Investigar a eficácia da EENM na prevenção da perda muscular do quadríceps femoral em pacientes comatosos na UTI.	A perna controle apresentou diminuição de fibras musculares tipo I e II enquanto que nenhuma atrofia foi observada na perna estimulada.

EENM: eletroestimulação neuromuscular. UTI: unidade de terapia intensiva. DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica. AVE: acidente vascular encefálico. ICC: insuficiência cardíaca congestiva. FC: frequência cardíaca PAS: pressão arterial sistólica.

(continua)

Tabela 1 | Objetivos e principais achados referentes a eletroestimulação no paciente crítico.

Estudo	Objetivos	Principais Achados
Rodriguez P. O. et al., 2012.	Avaliar o efeito da EENM sobre a força dos músculos bíceps braquial e quadríceps em pacientes sépticos sob ventilação mecânica.	A força foi significativamente maior no bíceps e quadríceps no lado estimulado com EENM.
Pousen J. B. et al., 2011.	Investigar o efeito da EENM precoce sobre o trofismo muscular do quadríceps em pacientes com choque séptico.	Não houve diferença significativa entre o membro estimulado e o não estimulado.
Meesen R. L. et al., 2010.	Verificar se a EENM pode evitar a atrofia no quadríceps de pacientes pós-operatório de revascularização, DPOC, insuficiência ventilatória, pneumonia ou AVE.	A intervenção resultou numa redução significativa da atrofia muscular nos membros estimulados.
Karatzanos E. et al., 2012.	Investigar os efeitos da EENM sobre a força dos músculos: vasto medial, vasto lateral e fibular longo em pacientes criticamente enfermos.	Os pacientes do grupo EENM obtiveram escores de força mais elevados em flexão do punho, flexão do quadril, extensão do joelho e flexão dorsal do tornozelo.
Strasser E. M. et al., 2009.	Investigar o efeito da EENM sobre o metabolismo muscular, após grande cirurgia abdominal.	Após quatro dias de aplicação da EENM, a quantidade de proteína sarcoplasmática na perna estimulada foi significativamente maior do que o teor de proteína na perna controle.
Bouletreau P. et al., 1987.	Determinar se a EENM é capaz de reduzir o catabolismo muscular em pacientes imobilizados internados na UTI por AVE, pós-operatório e insuficiência ventilatória.	A excreção do 3 metil-histidina e creatinina (marcadores de catabolismo) é significativamente inferior à excreção durante o período não estimulado.
Khaber A. et al., 2013.	Avaliar os efeitos da EENM na prevenção de fraqueza muscular associada a internação em UTI e na facilitação do desmame ventilatório de pacientes críticos, com insuficiência respiratória.	Evidenciou diferença significativa a partir do 4º dia de EENM com relação a diminuição de perda de força muscular e diminuição de tempo de ventilação mecânica.
Neder J. A. et al., 2002.	Avaliar se a EENM pode ser melhor tolerada do que o exercício de corpo inteiro em pacientes em estágio final de DPOC.	O treinamento foi associado com melhoras significantes na função muscular, tolerância máxima de exercício, resistência, e o controle da dispneia.
Nuhr M. J. et al., 2004.	Neutralizar as alterações prejudiciais ao músculo esquelético geradas por uma ICC avançada.	Houve diferença significativa em termos de aumento da atividade do Citrato Sintase e diminuição da atividade do Gliceraldeído Fosfato Desidrogenase.
Segers J. et al., 2014.	Investigar a segurança e viabilidade de EENM no quadríceps femoral em pacientes críticos com doenças neuromusculares.	Em 50% dos pacientes, uma contração de quadríceps adequada foi obtida em pelo menos 75% das sessões. Não houve alteração em qualquer um dos pontos finais de segurança com EENM.
Abdellaoui A. et al., 2011	Investigar se um programa de EENM de seis semanas pode melhorar a força muscular durante a recuperação da exacerbação aguda de DPOC em pacientes internados na UTI.	Foi observado ganho de força do músculo quadríceps no Grupo EENM, assim como uma diminuição na distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos.

Tabela 2 | Parâmetros e protocolos encontrados nos estudos referentes a eletroestimulação em pacientes críticos.

Autor do estudo	Pacientes (Quantidade/ idade média e desvio padrão)	Tratamento (Quantidade de intervenções e duração)	Posicionamento dos eletrodos (Músculos estimulados)	T (µs)	F (Hz)	TOn (Em segundos)	TOff
Gerovasil V. et al., 2009.	26 pacientes / 59±21 anos.	7 sessões de 55 minutos cada	Quadríceps femoral e Fibular longo.	400	45	12	6
Gerovasil V. et al., 2009.	29 pacientes / 59±19 anos.	Única sessão de 45 minutos	Vasto lateral e Medial, Fibular longo	400	45	12	6
Zanotti E. et al., 2003.	24 pacientes / 64±4 (GC) e 66±8 (GI) anos.	20 sessões de 30 minutos	Quadríceps femoral	350	35	-	-
Gruther W. et al., 2010.	33 pacientes / 55±15 anos.	5 sessões de 30 a 60 minutos	Quadríceps femoral	350	50	8	24
Rousti C. et al., 2010.	140 pacientes / 58±18 (GC) e 61±19 (GI) anos.	Sessões de 55 minutos até a alta hospitalar	Vasto lateral e Medial, Fibular longo	400	45	1,6	6
Dirks M. L. et al., 2015.	6 pacientes / 63±6 anos.	14 sessões (2x ao dia) de 30 minutos.	Quadríceps femoral	250-400	5; 100; 5	5	10
Rodriguez P. O. et al., 2012.	16 pacientes / Sem idade especificada	2 sessões de 30 minutos ao dia até a extubação	Bíceps braquial e Vasto medial	300	100	2	4
Pousen J. B. et al., 2011.	8 pacientes / 64±8 anos.	7 sessões de 60 minutos	Vasto lateral e medial	300	35	4	6
Meesen R. L. et al., 2010.	25 pacientes / 67±13 anos.	Sessões de 30 minutos ao dia enquanto entubado e sedado	Reto femoral e Vasto medial	330; 250; 300	60; 100; 80	10; 10; 7	20; 20; 14
Karatzanos E. et al., 2012.	52 pacientes / 59±21 (GC) e 55±20 (GI) anos.	Sessões de 55 minutos ao dia até a alta da UTI	Vasto medial e lateral, Fibular longo	400	45	12	6
Strasser E. M. et al., 2009.	26 / 60±10 anos.	4 sessões de 30 minutos	Quadríceps femoral	250	50	8	4
Bouletreau P. et al., 1987.	10 pacientes / 68 a 72 anos.	8 sessões (2x ao dia) de 30 minutos.	Isquiotibiais e Quadríceps femoral	300	1,75	5	5
Khaber A. et al., 2013.	80 pacientes / 57 ± 6(GC) e 59 ± 5 (GI) anos.	Sessão diária de 60 minutos	Quadríceps femoral	200	50	15	-
Neder J. A. et al., 2002.	15 pacientes / 66±7 anos.	30 sessões, de 15 a 30 minutos	Quadríceps femoral	300-400	50	2 5 10	18 25 30
Nuhr M. J. et al., 2004.	34 pacientes / 53±7 (GC) e 53±13 (GI) anos.	140 Sessões (2x ao dia) de 2 horas.	Isquiotibiais e Quadríceps femoral	500	15	2	4
Segers J. et al., 2014.	50 pacientes / 58 ± 13 (responsivos) e 62 ± 10 (não responsivos).	5 sessões de 25 minutos por semana	Quadríceps femoral	300-500	50	8	20
Abdellaoui A. et al., 2011	15 pacientes / 67 (GC) e 59 (GI) anos	30 sessões de 60 minutos	Isquiotibiais e Quadríceps femoral	400	35	-	-

T(µs) : largura de pulso em microssegundos. F(Hz): frequência em Hertz. TOn: tempo de contração. TOff: tempo de repouso GC: Grupo controle. GI: Grupo intervenção.

Discussão

No presente estudo, grande parte dos artigos apresentou resultados positivos sobre o ganho de força e/ou resistência muscular¹¹⁻¹⁸. Já, no estudo de Khaber et. al.¹⁹, foi possível observar que a aplicação diária de EENM impediu a perda de força, minimizando-se com isso o grau de fraqueza muscular. O mesmo achado foi apresentado no trabalho de Maffiuletti et al.²⁰, que, além disso, forneceu evidências de que a adição da EENM ao tratamento habitual é mais eficaz do que o tratamento convencional sozinho na prevenção da perda de força muscular.

Por sua vez, Zanotti et al.¹³ observaram que, além da melhora da força muscular, houve diminuição do tempo necessário para transferir o paciente da cama para a cadeira. Entretanto, o mesmo trabalho relata o curto período de intervenção como um dos principais limitadores de sua pesquisa. Os autores ainda referem que a EENM é menos responsiva em pacientes com DPOC em exacerbação quando comparada com a que se aplica em pacientes não exacerbados. Acredita-se que tal repercussão se deve ao aumento da carga pró-inflamatória no músculo esquelético, além do que a musculatura também sofre influência dos efeitos colaterais dos corticóides utilizados em seu tratamento. Esses resultados apresentados por Zanotti et al.¹³ contrariam os apresentados por Abdellaoui et al.²¹, que observaram uma diminuição na distância percorrida na realização do teste de caminhada de 6 minutos em pacientes que realizaram a EENM após a exacerbação do DPOC.

O estudo de Karatzanos et al.¹⁶ corrobora os achados de Zanotti et al.¹³, comprovando que a EENM auxilia na mobilização precoce do paciente grave, entretanto os autores ressaltam que, devido aos diferentes diagnósticos de admissão dos pacientes, os resultados podem ter sido afetados.

Com relação ao trofismo muscular, há resultados que permitem inferir que a EENM parece preservar a massa muscular^{14,22-25} em concordância com os achados de Quittan et al.¹⁵, que mostraram aumento da espessura da camada muscular do quadríceps femoral dos pacientes do grupo eletroestimulado, além da geração de impacto positivo na qualidade de vida de pacientes cardiopatas. Em contrapartida, os resultados do estudo de Gerovasilli et al.²³ mostram que a EENM, apesar de parecer preservar a massa muscular dos pacientes, não impediu a diminuição do trofismo muscular, mesmo que em menor proporção, quando se compara o grupo eletroestimulado com o grupo-controle. Os resultados desse trabalho também sofreram influência do número da amostra, que foi relativamente pequeno. E por fim, apesar do efeito benéfico da EENM sobre o trofismo muscular, não há dados que provem a efetiva recuperação funcional dos pacientes desse estudo específico²³.

Quanto às intervenções da EENM sobre o metabolismo, na dinâmica cardiovascular e no aspecto respiratório do paciente, Strasser et al.²⁶ chegaram à conclusão de que a degradação de proteínas foi menor, pela redução do catabolismo em pacientes pós-operatório de cirurgia abdominal que fizeram uso de EENM. Os pesquisadores afirmam, no entanto, que ainda não há recomendações concretas sobre a intensidade ou duração da terapia em que se faz uso da EENM para prevenção do catabolismo muscular. Isso se deve ao fato de que o conhecimento sobre o mecanismo de eletroestimulação, que conduz à hipertrofia muscular, é relativamente limitado²⁶.

Com o protocolo utilizado por Nuhr et al.¹⁸ houve melhorias consideráveis na capacidade de exercício de pico e de tolerância ao exercício submáximo. Além disso, observou-se aumento da atividade da enzima citrato-sintase, biomarcador para a presença de mitocôndrias no músculo.

Por sua vez, Gerovasilli et al.²⁷ mostraram que a média da saturação de oxigênio não diferiu antes

e após sessão nos pacientes do grupo-controle e grupo estimulado, enquanto que a taxa de consumo de oxigênio diferiu significativamente antes do início e no fim da sessão. A taxa de reperfusão, a frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica aumentaram nos pacientes eletroestimulados.

O estudo de Rousti et al.²⁸ refere que sessões diárias com EENM (por 55 minutos) estão associadas com o menor tempo de ventilação mecânica, bem como na prevenção do desenvolvimento de polineuromiopia no paciente crítico. O mesmo estudo evidencia, como limitação, que os pacientes não tiveram o grau de força avaliado durante atividades de vida diária.

Outras pesquisas ainda verificaram um aumento da efetividade da contração muscular em parte dos pacientes que foram eletroestimulados. No entanto, estes pacientes responderam mais bem às primeiras sessões quando comparados com o estado em que se encontravam, uma semana após tratamento com EENM. Os autores também observaram que a contração muscular dos pacientes que recebiam drogas vasoativas, vasopressoras, e dos pacientes sépticos ou com edema de membros inferiores foi prejudicada²⁹.

O presente estudo tem limitações como, por exemplo, o fato de diversos artigos selecionados apresentarem amostras pequenas. Outro ponto diz respeito ao tempo de aplicação da EENM, que foi restrito ao período de internação e em periodicidades muito diferentes. Poucos estudos verificaram se os benefícios obtidos pela aplicação das técnicas se mantiveram após a alta hospitalar, o que poderia resultar em maior funcionalidade e melhor qualidade de vida após a internação.

Conclusão

A aplicação da EENM em pacientes graves foi relacionada ao aumento de força muscular, diminuição no tempo de desmame da ventilação mecânica, redução do catabolismo e aumento na tolerância ao exercício, embora não haja uniformidade quanto à maneira de aplicação da técnica, nos estudos aqui apresentados.

Referências

1. Desai SV, Law TJ, Needham DM. Long-term complications of critical care. *Crit Care Med*. 2011 Feb;39(2):371-9.
2. Schettino G, Cardoso LF, Junior JM, Ganem F, editores. *Acidente vascular cerebral isquêmico*. São Paulo: Manole; 2012. *Paciente crítico – Diagnóstico e Tratamento*.
3. Nogueira LS, Sousa RMC, Padilha KG, Koike KM. Características Clínicas e Gravidade de Pacientes Internados em UTI's Públicas e Privadas. *Texto Contexto Enferm*. 2012 Jan-Mar;21(1):59-67.
4. Dittmer DK, Teasell R. Complications of immobilization and bed rest. Part 1: Musculoskeletal and cardiovascular complications. *Can Fam Physician*. 1993 Jun;39:1428-32.
5. Shimano AC, Carvalho CMM, Volpon JB. Efeitos da Imobilização e do exercício físico em algumas propriedades mecânicas do músculo esquelético. *Rev Bras Eng Bioméd*. 2002;(18)2:65-73.
6. Low J, Reed A. Eletroterapia Explicada: Princípios e Prática. In: Roberston V, Ward A, Low J, Reed A. Editores. *Tratamento com radiações eletromagnéticas*. São Paulo: Manole, 2001. p. 385-98.
7. Kotz YM. Electrostimulation. Canadian-Soviet exchange symposium on electrostimulation of skeletal muscles. Montreal. Canada; 1977. p. 6-15.

8. Maffiuletti NA, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 Oct;34(10):1638–44.
9. Needham DM, Truong AD, Fan E. Technology to enhance physical rehabilitation of critically ill patients. *Crit Care Med.* 2009 Oct;37(10 Suppl):S436-41.
10. Maddocks M, Armstrong S, Wilcock A. Exercise as a supportive therapy in incurable cancer: exploring patient preferences. *Psychooncology.* 2011 Feb;20(2):173–78.
11. Ferreira LL, Vanderlei LCM, Valenti VE. Efeitos da eletroestimulação em pacientes internados em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática. *ASSOBRAFIR Ciência.* 2013;(4)3:37-44.
12. Ferreira LL, Vanderlei LCM, Valenti VE. Estimulação elétrica neuromuscular em pacientes graves em unidade de terapia intensiva: revisão sistemática. [Artigo Retratado] *Einstein.* 2014;12(3):361-5.
13. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation. *Chest.* 2003 Jul;124(1):292-6.
14. Rodriguez PO, Setten M, Marskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, et al. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *J Crit Care.* 2012 Jun;27(3):319.e1-8.
15. Quittan M, Wiesinger GF, Sturm B, Puig S, Mayr W, Sochor A et al. Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001 Mar;80(3):206-14.
16. Karatzanos E1, Gerovasili V, Zervakis D, Tripodaki ES, Apostolou K, Vasileiadis I, et al. Electrical muscle stimulation: an effective form of exercise and early mobilization to preserve muscle strength in critically ill patients. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:432-752.
17. Neder JA, Sword D, Ward SA, Mackay E, Cochrane LM, Clark CJ. Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Thorax.* 2002 Apr;57(4):333-7.
18. Nuhr MJ, Pette D, Berger R, Quittan M, Crevenna R, Huelsman M, et al. Beneficial effects of chronic low-frequency stimulation of thigh muscles in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J.* 2004 Jan;25(2):136-43.
19. Khaber A, Abdelaziz H, Abouelela AMZ, Abdelkarim EM. Effect of electrical muscle stimulation on prevention of ICU acquired muscle weakness and facilitating weaning from mechanical ventilation. *Alexandria J Med.* 2013 Dec;49(4):309-15.
20. Maffiuletti NA, Roig M, Karatzanos E, Nanas S. Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: a systematic review. *BMC Med.* 2013 May;11:137.
21. Abdellaoui A, Préfaut C, Gouzi F, Couillard A, Coisy-Quivy M, Hugon G, et al. Skeletal muscle effects of electrostimulation after COPD exacerbation: a pilot study. *Eur Respir J.* 2011 Oct;38(4):781-8.
22. 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 Jun;42(6):593-7.

23. 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.

24. 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.

25. Meesen RL, Dendale P, Cuypers K, Berger J, Hermans A, Thijs H, et al. Neuromuscular electrical stimulation as a possible means to prevent muscle tissue wasting in artificially ventilated and sedated patients in the intensive care unit: A pilot study. *Neuromodulation.* 2010 Oct;13(4):315-21.

26. Strasser M, Stättner S, Karner J, Klimpfinger M, Freynhofer M, Zaller V, et al. Neuromuscular electrical stimulation reduces skeletal muscle protein degradation and stimulates insulin-like growth factors in an age and current-dependent manner: a randomized, controlled clinical trial in major abdominal surgical patients. [abstract]. *Ann Surg.* 2009 May;249(5):738-43.

27. Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, et al. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest.* 2009 Nov;136(5):1249-56.

28. Rousti C, Gerovasili V, Vasileiadis I, Karatzanos E, Pitsolis T, Tripodaki E, et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Crit Care.* 2010;14(2):R74.

29. Segers J, Hermans G, Bruyninckx F, Meyfroidt Geert, Langer D, Gosselink R. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *J Crit Care.* 2014 Dec;29(6):1082-8.

30. Poulsen JB, Moller 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 Mar;39(3):456-61.

31. Bouletreau P, Patricot MC, Saudin F, Guiraud M, Mathian B. Effects of intermittent electrical stimulations on muscle catabolism in intensive care patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1987 Nov-Dec;11(6):552-5.

Submissão em: 11/5/2015

Aceito em: 11/12/2015