

Artigo de Revisão de Literatura

## Benefícios da aplicação de estimulação elétrica neuromuscular em esclerose múltipla

Benefits from the application of neuromuscular electrical stimulation in multiple sclerosis

Nuno Nunes <sup>1\*</sup>, Ricardo Pedro <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa.

Submetido em 08 junho 2012; Aceite em 10 julho 2012; Publicado em 31 julho 2012.

**Introdução:** A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) tem vindo a ser aplicada por um número crescente de fisioterapeutas ao longo dos anos por forma a obter diferentes efeitos terapêuticos. A estimulação elétrica funcional tem por objetivo terapêutico primordial a promoção de um padrão de movimento em contexto funcional. Alguns dos benefícios associados à aplicação de estimulação elétrica funcional são a regulação do tônus muscular, a prevenção de atrofia muscular e o incremento de força muscular.

**Objetivo:** O objetivo deste trabalho de investigação centra-se em expor as bases teóricas da aplicação de estimulação elétrica neuromuscular em utentes com esclerose múltipla e enumerar os seus benefícios, no contexto da fisioterapia.

**Metodologia:** Artigo de revisão da literatura. Foi efetuado um levantamento de artigos através do motor de busca *B-on*, remetendo para as bases de dados referenciais EBSCO, PubMed, Web of Science e PEDro.

**Resultados:** Foi verificado, nos 11 estudos que constituem a amostra, que a estimulação elétrica neuromuscular é primordialmente aplicada na presença de alterações do tônus, força muscular, nos casos de pé pendente e incontinência urinária. Parecem existir benefícios terapêuticos no incremento dos índices de funcionalidade e qualidade de vida, na regulação do tônus muscular, no aumento da tolerância ao esforço, no fortalecimento da musculatura do pavimento pélvico, no aumento de força muscular de membros inferiores e na melhoria da *performance* da marcha em utentes com pé pendente.

**Conclusão:** Os dados obtidos sugerem que a aplicação de EENM parece acarretar benefícios terapêuticos no tratamento do pé pendente, na melhoria do desempenho muscular e funcional, tônus muscular e incontinência urinária. Recomenda-se a realização de ensaios clínicos com um grau de evidência superior ao recolhido da

literatura, que não se cinja apenas a estudos de caso mas sim a ensaios clínicos com aleatorização que abordem a efetividade da aplicação da EENM em condições específicas associadas à esclerose múltipla.

*Introduction: Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) has been applied by a growing number of physiotherapists over the years to achieve different therapeutic effects. The primary therapeutic goal of Functional Electrical Stimulation (FES) is the promotion of movement patterns in functional context. Some of the benefits associated with the application of FES are the regulation of muscle tone, prevention of muscular atrophy and increase of muscle strength.*

*Objective: The aim of the research is to expose the theoretical fundamentals of the application of neuromuscular electrical stimulation in patients with multiple sclerosis, and enumerate its benefits in physiotherapy context.*

*Methodology: Literature review article. We performed a survey of articles through the search engine B-on, referring to the reference databases EBSCO, PubMed, Web of Science and PEDro.*

*Results: The analysis of the 11 studies showed that NMES is primarily applied in the presence of deficits of muscle tone and strength, in cases of drop foot and urinary incontinence. Therapeutic benefits seem to occur in the improvement of the functionality and quality of live scores, in the regulation of muscle tone, in the increase of effort tolerance, strengthening of pelvic floor muscles, increase of muscle strength in lower limbs, and improvements in gait performance in patients with drop foot.*

*Conclusion: Our data suggest that the application of NMES brings therapeutic benefits in the treatment of drop foot, in the improvement of muscular and functional performance, muscle tone and urinary incontinence. New studies are needed, namely randomized clinical trials addressing the effectiveness of the application of NMES in specific conditions associated with multiple sclerosis.*

---

**PALAVRAS-CHAVE:** Esclerose múltipla; estimulação elétrica; estimulação elétrica funcional; Fisioterapia; efetividade.

**KEY WORDS:** Multiple sclerosis; electrical stimulation; functional electrical stimulation; Physiotherapy; effectiveness.

---

\* **Correspondência:** Nuno Nunes. Email: [nunonunes618@gmail.com](mailto:nunonunes618@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) tem vindo a ser aplicada por um número crescente de fisioterapeutas ao longo dos anos por forma a obter diferentes efeitos terapêuticos como, por exemplo, o fortalecimento e reeducação muscular, a redução de

edema, alívio da dor e reparação tecidual (Kitchen, 2003).

A estimulação elétrica neuromuscular é usada para restaurar/recuperar funções sensório-motoras perdidas em indivíduos portadores de lesões neurológicas (Keith, 2001).

Esta modalidade terapêutica consiste na ativação involuntária de músculos-esqueléticos, através de uma corrente elétrica alterna aplicada num ponto motor, ou diretamente no trajeto nervoso gerando, de forma seletiva, potenciais de ação, produzindo desta forma uma contração muscular (Bhadra, Kilgore & Peckham, 2001).

A Estimulação Elétrica Neuromuscular possibilita, em lesões vertebro-medulares completas e incompletas, a recuperação sensório-motora devido aos seus efeitos terapêuticos como a redução da espasticidade e rigidez, facilitação da plasticidade neural, o aumento de força e volume muscular, bem como o incremento da circulação sanguínea (Sköld, et al, 2002). Os efeitos terapêuticos descritos parecem ser preferencialmente potencializados na presença de disfunções do sistema nervoso central ou lesões de primeiro neurónio (Keith, 2001).

A Estimulação elétrica funcional (EEF) tem por objetivo terapêutico primordial a promoção de um padrão de movimento funcional. Esta modalidade terapêutica permite trabalhar diferentes níveis de atividade muscular, variando desde a estimulação funcional de um grupo muscular isolado até à estimulação conjunta de grupos musculares (Kitchen, 2003).

A EEF destaca-se das restantes formas de EENM convencional pelo facto de proporcionar aos pacientes a realização de exercício físico em contexto funcional, independentemente do grau de limitação funcional. Para esse efeito são utilizados estimuladores elétricos de múltiplos canais, controlados por microprocessadores, promovendo um recrutamento muscular numa sequência programada sinérgica permitindo que o paciente realize um padrão de movimento funcional específico (Bhadra, et al, 2001).

A estimulação elétrica funcional envolve a aplicação de baixas amplitudes de corrente elétrica sobre o sistema neuromuscular com fins terapêuticos em contexto funcional. Alguns dos benefícios associados à aplicação de estimulação elétrica funcional são a regulação do tónus muscular, a prevenção de atrofia

muscular e o incremento de força muscular (Avramescu, Neamtu, Rusu e Mangra, 2010).

A Esclerose Múltipla (EM) é uma doença neurológica progressiva, caracterizada por exacerbações e remissões, afetando diretamente a produção de movimento, a cognição e a percepção, causada pela desmielinização, deterioração axonal e a formação de placas escleróticas nos hemisférios cerebrais, cerebelo, tronco cerebral e espinal medula (McDonald & Ron, 1999).

A Esclerose Múltipla ocorre na sequência do sistema imunológico produzir anticorpos que agredem os oligodendrócitos. A destruição de oligodendrócitos conduz à formação de áreas de desmielinização (denominadas de placas) na substância branca do sistema nervoso central. Da mesma forma que no sistema nervoso periférico, em que ocorre a destruição das células de Schwann e da bainha de mielina que reveste o tecido neural, a desmielinização do sistema nervoso central conduz à lentificação e por vezes ao bloqueio da transmissão de sinais eletroquímicos (Lundy-Ekman, 2008).

A evolução da Esclerose Múltipla varia de indivíduo para indivíduo, no entanto, existem dois tipos essenciais de evolução identificáveis: a EM surto-remissão e a EM progressiva crónica. Na EM surto-remissão, períodos bem definidos de surtos são intercalados com períodos de remissão total ou parcial, não existindo progressão durante os períodos de remissão (Rohkamm, 2004).

A condução nervosa altera-se consoante a variação do processo esclerótico e inflamação adjacentes a esta condição, portanto, os sintomas podem variar ao longo do tempo. Distúrbios na marcha e fadiga são duas das sequelas mais frequentes e incapacitantes decorrentes da EM. Cerca de 85% dos indivíduos portadores de Esclerose Múltipla referem o distúrbio de marcha como o seu principal problema (Morris, Cantwell, Vowels & Dodd, 2002).

Por sua vez, a EM progressiva crónica pode ser dividida em três subtipos: EM crónica progressiva primária (progressão contínua desde o início da

doença), EM crónica progressiva secundária (num estadio inicial manifesta-se por surtos-remissões evoluindo para um quadro progressivo crónico) e a EM recorrente-remissiva que evolui por surtos bem individualizados que deixam ou não sequelas, no entanto, nos períodos de remissão, a condição de saúde progride (Rohkamm, 2004).

Apenas dois terços dos utentes com EM retêm a capacidade de realizar marcha 20 anos após a data do diagnóstico médico. A espasticidade, défice de coordenação, fraqueza muscular, défice somatossensorial e distúrbios vestibulares condicionam a realização de uma marcha lentificada, com uma diminuição do comprimento do passo e uma mais prolongada fase de duplo apoio, pé pendente, bem como uma maior propensão à fadiga (Morris, et al, 2002).

A estimulação elétrica neuromuscular associada a outras modalidades terapêuticas em fisioterapia tem sido aplicada na reabilitação no período pós-operatório, em utentes diagnosticados com acidentes vasculares cerebrais, paralisia cerebral, lesões vertebromedulares, DPOC ou insuficiência cardíaca congestiva. No entanto, dados específicos relativos à aplicação de EENM em utentes com Esclerose Múltipla são escassos (Wahls, Reese, Kaplan & Darling, 2010).

Em muitos países a EEF é comumente aplicada no tratamento de utentes que sofreram um acidente vascular cerebral, no entanto, a sua aplicabilidade em utentes que padeçam de Esclerose Múltipla é rara, sendo um facto a escassez de literatura sobre esta temática (Avramescu, et al, 2010).

O objetivo deste trabalho de investigação foca-se no conhecimento da aplicabilidade e dos efeitos terapêuticos associados à aplicação da estimulação elétrica neuromuscular em utentes com Esclerose Múltipla, no contexto da fisioterapia. Da mesma forma, e mediante o tipo de estudos encontrados, pretende-se conhecer os benefícios da aplicação de estimulação elétrica neuromuscular no tratamento de défices do movimento, em utentes com Esclerose Múltipla.

No contexto da fisioterapia, é fulcral reconhecer a existência ou não de evidência científica que comprove os benefícios da utilização de estimulação elétrica neuromuscular, em utentes com Esclerose Múltipla. Da mesma forma, é determinante que o fisioterapeuta, na sua prática clínica, esteja sensível à utilização de todas as possibilidades terapêuticas em prol do utente, nomeadamente, através dos meios eletrofísicos e mecânicos, não apenas à aplicação de terapia manual, exercício e o aconselhamento ao utente.

A Esclerose Múltipla constitui um distúrbio neurológico que acarreta sequelas progressivas e muito incapacitantes para a vida dos utentes, interferindo com a sua *performance* motora e comprometendo desta forma a execução de inúmeras atividades funcionais das quais se destacam a realização de marcha, a capacidade de efetuar os cuidados de higiene autonomamente e, em casos extremos, a própria alimentação. É assim justificada a importância que tem para esta comunidade específica, a existência de modalidades terapêuticas capazes de incrementar a sua qualidade de vida.

## METODOLOGIA

Relativamente ao processo de identificação dos artigos científicos, as pesquisas foram efetuadas no motor de busca *B-on* encaminhando o processo de identificação para outras bases de dados referenciais, como EBSCO, PubMed, Web of Science e PEDro. Na referida pesquisa foram usados diferentes cruzamentos das palavras-chave: *Multiple Sclerosis, Electrical Stimulation, Functional Electrical Stimulation, Physiotherapy, Effectiveness*. O processo de pesquisa decorreu entre os dias 10 e 13 de outubro de 2011. Os títulos e *abstracts* dos diferentes artigos identificados foram analisados por forma a realizar um primeiro processo de seleção.

No processo de seleção dos artigos previamente identificados foi tido em consideração um conjunto de critérios de inclusão e exclusão, sendo que os artigos incluídos no estudo cumprem os critérios de inclusão delineados envolvendo artigos científicos que: (1) se

debruçassem sobre a aplicação de estimulação elétrica neuromuscular em utentes com esclerose múltipla (independentemente do subtipo de EM); (2) que a sua data de publicação não fosse anterior a 2007 e (3) artigos escritos em língua inglesa. Relativamente aos critérios de exclusão estes envolvem: (1) artigos cujo *abstract* não apresente qualquer paralelismo com as palavras-chave aplicadas; (2) artigos que apenas apresentassem resumo; (3) artigos em outro idioma que não o inglês e (4) artigos cuja data de publicação fosse anterior a 2007.

As informações relativas à metodologia dos estudos (desenho, participantes, intervenções e medições) estão referenciadas na tabela 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Amostragem e população

Foram obtidos 147 artigos através da estratégia de pesquisa adotada. Desta amostra, foram selecionados 11 artigos segundo os critérios de inclusão. Nos estudos excluídos (135) verificou-se através do título e *abstract* que estes não preenchiam os critérios de inclusão.

No seu conjunto, os artigos selecionados debruçam-se sobre os efeitos da estimulação elétrica neuromuscular no aumento da força muscular de membros inferiores, no desempenho funcional durante a marcha, na melhoria da qualidade de vida, na diminuição da incontinência urinária, na diminuição do tônus muscular, na execução de diferentes atividades funcionais e no tratamento do pé pendente em utentes com EM.

A amostra de artigos selecionada para elaborar a revisão de literatura é composta por seis estudos de caso (três dos quais estudo de casos múltiplo), um estudo prospetivo piloto, um estudo quasi-experimental, três ensaios clínicos com aleatorização (um dos quais duplo-cego), e uma revisão sistemática, conforme tabela 1.

A amostra desta revisão de literatura reporta dados sobre um total de 319 participantes diagnosticados com Esclerose Múltipla. Dos nove estudos que discriminam o subtipo de esclerose múltipla, 60 utentes apresentam Esclerose Múltipla progressiva primária e 12 apresentam Esclerose Múltipla progressiva secundária. Dos oito estudos que apresentam dados sociodemográficos relativos ao sexo, o total da amostra é composto por 53,84% de participantes do sexo feminino e por 46,16% participantes do sexo masculino. O tempo de diagnóstico da Esclerose Múltipla, nos oito estudos que discriminam este item, variou entre os 7 meses e 32 anos. O balizamento de idades dos participantes (nos 11 estudos que abordaram este dado sociodemográfico) variou entre os 38 anos e os 71 anos de idade. Do total da amostra analisada (nos sete estudos que abordaram este item) o grau de incapacidade dos participantes variou entre os 2 e os 7,5 valores, segundo a *Expanded Disability Status Scale* (EDSS ou escala Kurtzke).

### Parâmetros eletroterapêuticos

Nenhum dos artigos analisados refere fundamentação científica sobre os parâmetros eletroterapêuticos utilizados (Tabela 2). Relativamente à forma de corrente, todos os autores utilizaram formas de corrente alterna, e este facto justifica-se, do ponto de vista fisiológico pelos potenciais de membrana das fibras musculares, permitindo a estes mesmos tecidos um período de repouso/repolarização (período refratário) necessários para desenvolvimento de ciclos sucessivos de contração muscular, prolongada ao longo do tempo (Kichen, 2003).

A intensidade aplicada nos diferentes estudos analisados não é homogénea. Este facto pode ser justificado tendo em conta as diferentes intensidades provocarem diferentes graus de recrutamento de unidades motoras sendo a intensidade diretamente proporcional ao número de fibras musculares recrutadas. Por outro lado, o intervalo de intensidade aplicado nos diferentes estudos está padronizado para a estimulação de fibras motoras (Vrbová, Hudlicka, & Centofanti, 2008).

**Tabela 1 - Sumário dos estudos seleccionados**

Referência	Tipo de estudo	Características da amostra	Instrumentos de medida
Avramescu et al, 2010	<i>Estudo de caso</i>	<i>n=1</i>	Avaliação estática e dinâmica em plataforma de forças (variação COM e pressão de contacto)
Barret et al, 2009	<i>Estudo clinico com randomização</i>	<i>n=44</i> <i>44 participantes com EMPP</i>	Velocidade (10m) e distância percorrida (3 min.) na marcha
Broekmans et al, 2011	<i>Estudo clinico com randomização</i>	<i>n=36</i>	Força muscular, <i>Timed Up and Go Test</i> , <i>Timed-25 foot Walk</i> , <i>Two minute Walk Test</i> , <i>Functional Reach and River mead Mobility Index</i>
Esnouf et al, 2010	<i>Estudo experimental</i>	<i>quasi- n=64</i>	Incidência de quedas e <i>Canadian Occupational Performance Measure</i>
Krause et al, 2007	<i>Estudo de caso</i>	<i>n=1</i> <i>1 participante com EMPS</i>	Escala <i>Ashword</i>
McClurg et al, 2008	<i>Estudo clinico com randomização, duplo cego, controlo placebo</i>	<i>n=95</i>	<i>PAD-Test</i> , urofluxometria, força muscular do pavimento pélvico ( <i>Oxford Classification</i> ), <i>Incontinence Impact Questionnaire</i> , <i>Multiple Sclerosis Impact Scale</i>
Paul et al, 2008	<i>Estudo prospetivo piloto</i>	<i>n= 12</i> <i>12 participantes com EMPP</i>	Velocidade da marcha, tolerância ao esforço
Ratchford et al, 2010	<i>Estudo de casos múltiplos</i>	<i>n=5</i> <i>2 participantes EMPP; 3 participantes com EMPS</i>	<i>Two minute Walk Test</i> , <i>Timed-25 foot Walk</i> , <i>Timed up and Go Test</i> , <i>force muscular</i> , <i>EDSS</i> , <i>Multiple sclerosis Functional Composite</i> , <i>SF-36</i>
Reese et al, 2009	<i>Estudo de caso</i>	<i>n=1</i> <i>1 participante com EMPS</i>	<i>North American Research Commitee on Multiple Sclerosis</i> (questionário de qualidade de vida)
Sheffler et al, 2009	<i>Estudo de casos múltiplos</i>	<i>n=11</i> <i>11 participantes com Esclerose Múltipla</i>	<i>Modified Emory Functional Ambulation Profile</i> (score funcionalidade)
Whals et al, 2010	<i>Estudo de casos múltiplos</i>	<i>n=9</i> <i>2 participantes com EM progressiva primária (EMPP) e 7 com EM progressiva secundária (EMPS)</i>	<i>Kurtze Disability Status Scale (EDSS)</i>

Tabela 2 - Parâmetros eletroterapêuticos.

Referência	Modo de estimulação	Forma de onda	Duração do pulso	Frequência	Intensidade	Tempo por sessão	Área de aplicação
Avramescu et al, 2010	EEF	Corrente bifásica retangular	5 a 350µsec	20 a 40 Hz	20 a 40 mA	Não especificado	Face externa do calcanhar (flexão dorsal e eversão)
Barrett et al, 2009	EEF	Corrente bifásica	5 a 350µsec	40 Hz	20 a 100 mA de intensidade	Períodos <i>on:off</i> adaptados à cadência de marcha	Tibial anterior
Broekmans et al, 2010	EEF	Corrente bifásica simétrica	400 µsec	100 Hz	Adaptado à percepção subjetiva de contração muscular	1 hora 3sec <i>on: 4sec off</i>	Quadrícipede
Esnouf et al, 2010	EEF			Não especificado			Nervo peroneal
McClurg et al, 2008	EENM	Corrente bifásica simétrica	250 µsec	40 Hz	Adaptado à percepção subjetiva de contração muscular	30 minutos 5sec <i>on: 10sec off</i>	Pavimento pélvico
Krause et al (2007)	EEF	Corrente bifásica retangular	10 a 500µsec	0.1 a 50 Hz	30 a 90 mA de intensidade	30 minutos (intervalados)	Quadrícipite, glúteos e bicípite femoral, bilateralmente
Paul et al, 2008	EEF	Não especificado	3 a 350 µsec	40 Hz	Adaptado ao limiar de percepção de contração muscular	Período <i>on:off</i> Adaptado à cadência da marcha	Tibial anterior
Ratchford et al, 2010	EEF	Corrente bifásica simétrica	250 µsec de duração do pulso	33 a 45 Hz	Não especificado	1 hora	Quadrícipete, isquiotibiais, e glúteos
Reese et al, 2009	EENM	Corrente bifásica assimétrica	300 a 400µsec	35 a 50 Hz	Não especificado	20-40 min 5-12sec <i>on : 5-20sec off</i>	Musculatura abdominal, glúteos, flexores anca, quadrícipete, isquiotibiais e tibial anterior
Sheffler et al, 2009	EEF	Corrente bifásica simétrica	Não especificado	40 Hz	70 mA	8 horas <i>on:off</i> ajustados à cadência da marcha	Nervo peroneal
Whals et al, 2010	EEF	Corrente bifásica simétrica	350 µsec	35 Hz	30 a 50 mA	15 a 45 minutos 12sec <i>on:20sec off</i>	Tibial anterior, quadrícipite e grande glúteo

No que se refere à frequência de estimulação, também existem diferenças significativas na abordagem efetuada entre os estudos analisados. Essas diferenças parecem ser justificadas, do ponto de vista fisiológico, com as propriedades contrateis dos músculos a estimular. Nos músculos tónicos, cujo período de hiperpolarização é maior, está padronizada a aplicação de uma frequência de estimulação balizada entre os 10 e 25 HZ. Nos músculos fásicos, cujo período de hiperpolarização é menor, está padronizada a aplicação de uma frequência de estimulação balizada entre os 45 e 75 HZ (Kichen, 2003).

Relativamente à duração do pulso, também se verificam variações, ainda que pouco significantes nos valores aplicados. Este facto é explicado na medida em que um pulso de longa duração torna-se desconfortável para a estimulação transcutânea (maior estimulação de fibras nociceptivas), por outro lado, pulsos muito curtos são ineficazes na estimulação de fibras motoras. Se a amplitude ou a duração do estímulo for suficientemente aumentada, respostas motoras serão produzidas e sobrepostas à estimulação sensitiva. Se a duração do pulso for excessivamente aumentada, a estimulação provocará uma resposta dolorosa, a qual ocorrerá simultaneamente às respostas sensitivas e motoras (Vrbová, et al, 2008).

## Pé pendente

Avramescu, et al (2010), num estudo de caso de um paciente com EM associado à presença de pé pendente, comprovaram que a aplicação de estimulação elétrica funcional sobre o maléolo externo, na promoção da flexão dorsal e eversão durante a realização de marcha, proporcionam: (1) uma melhor distribuição da carga sobre a face plantar do pé, traduzindo-se na diminuição da sobrecarga articular, (2) a integridade da arcada plantar repercutindo-se numa maior capacidade de absorção de carga e (3) o aumento das amplitudes articulares de flexão dorsal na fase oscilante da marcha.

Por outro lado, Sheffler, Hennessey, Knutson e Chae (2009), constataram que a EEF, aplicada sobre a região

maleolar externa, na estimulação do nervo peroneal, para tratamento de pé pendente, durante quatro semanas, não proporcionou ganhos significativos no desempenho da marcha (*Modified Emory Functional Ambulation Profile*) quando comparados com a não aplicação de qualquer dispositivo eletroterapêutico.

Paul, et al (2008), através da elaboração de um estudo quasi-experimental, aferiram que a aplicação de um dispositivo de estimulação elétrica funcional nos pontos motores de tibial anterior, durante um período compreendido de seis meses a três anos conduz a um aumento significativo da velocidade da marcha e diminuição do consumo de oxigénio à periferia, em utentes com EM, comparando com a população saudável.

Esnouf, Taylor, Mann e Barret (2010) demonstrou, em utentes com Esclerose Múltipla progressiva secundária, que um programa de EEF na região maleolar externa, com a duração de 18 semanas, comparado com um programa de terapia pelo exercício, está associado ao incremento dos níveis de satisfação pessoal, a uma diminuição do risco de tropeçar em superfícies irregulares e a um aumento de distância percorrida em deambulação, segundo os scores fornecidos pela *Canadian Occupational Performance Measure*. No entanto, em itens como o equilíbrio e desempenho em subir escadas a EEF não é significativamente mais efetiva que a terapia pelo exercício. Por outro lado, a amostra sujeita a EEF obteve menos registos de quedas comparando com a amostra constituinte do grupo de controlo.

Nos utentes com Esclerose Múltipla, na presença de pé-pendente, o inapropriado controlo motor da musculatura em redor do tornozelo acarreta a adoção de padrões de marcha compensatórios limitando a velocidade, a resistência, o consumo energético e o equilíbrio durante a deambulação (Barrett, Mann, Taylor & Strike, 2009).

A fadiga muscular e concomitante pé pendente, em indivíduos com Esclerose Múltipla, pode ser explicado pela conversão das fibras musculares tipo IIa em fibras musculares tipo IIb, resultado do desuso e desmielinização neuronal. A aplicação de estimulação

elétrica neuromuscular pode fazer uso deste princípio fisiológico para modificar as propriedades contrácteis do tecido muscular, adquirindo deste modo, uma maior resistência à fadiga muscular para posterior aplicação de EEF na estimulação funcional do nervo peroneal (Sheffler, et al, 2009).

A EEF faz uso das propriedades biofísicas das correntes de eletroestimulação, através de um dispositivo estimulador do nervo peroneal, para promover o fortalecimento de músculos extrínsecos dorsais do pé, facilitando a flexão dorsal e eversão do tornozelo durante a fase oscilante da marcha, evitando o contacto do pé com o solo (Paul, et al, 2008). Este tipo de dispositivos de eletroestimulação incrementam a estabilidade articular do tornozelo durante a fase de apoio da marcha, corrigindo o alinhamento do pé no seu contacto inicial ao solo (Esnouf, et al, 2010).

A estimulação elétrica funcional oferece uma alternativa válida no processo de reabilitação em utentes com Esclerose Múltipla, encorajando o movimento ativo do pé-pedente, incrementando também a sua amplitude de movimento na realização de atividades funcionais (Paul, et al, 2008).

De referir que nos estudos em que foi assinalado o uso de EEF, no tratamento do pé pendente, a aplicação dos eléctrodos visava a estimulação do nervo peroneal na facilitação da flexão dorsal e eversão do tornozelo. No entanto, não foi mencionado em nenhum dos estudos analisados qual dos ramos do nervo ciático poplíteo externo foi efetivamente estimulado. Se a colocação dos eléctrodos se deu sobre o ramo tibial anterior, é plausível a estimulação do tibial anterior, peroneal anterior e extensor comum dos dedos que, efetivamente, realizam flexão dorsal do tornozelo. Por outro lado, se a aplicação dos eléctrodos se cingiu ao ramo musculo-cutâneo do nervo ciático poplíteo externo é de crer que os objetivos propostos não fossem concretizados, visto que os músculos peroneais (longo e curto) executam flexão plantar do tornozelo.

## Desempenho muscular e funcionalidade

Reese, Shivapour, Wahls, Dudley-Javoroski e Shields (2009) constataram num estudo de caso com a duração de um ano, numa utente com esclerose múltipla secundária, que a aplicação diária de EENM na musculatura abdominal, glúteos, flexores anca, quadrícipite, isquiotibiais e tibial anterior conduz a um incremento da tolerância ao esforço, associado a ganhos de resistência e força muscular, traduzindo-se num melhor desempenho na realização de marcha e melhores scores de qualidade de vida segundo critérios da *North American Research Committee on Multiple Sclerosis*.

Ratchford, et al (2010) verificaram que, durante a realização de treino em bicicleta, a aplicação de estimulação elétrica funcional sobre os músculos quadrícipite, isquiotibiais, e glúteos, três vezes por semana, uma hora por sessão, está associada a um aumento ( $\simeq$  4,5 metros) da distância percorrida durante dois minutos, a uma diminuição ( $\simeq$  9,9s) do tempo despendido para a realização de 25 pés (*Timed 25-Foot Walk*) e a uma diminuição (8,1s) do tempo de execução do *Timed Up and Go Test*. Por outro lado, existem indicadores que este plano de intervenção conduziu a melhorias significativas nos scores de qualidade de vida aferidos pela SF-36.

Por outro lado, Broekmans, et al (2011) constataram que a aplicação de um programa de fortalecimento muscular com EEF, por um período de 20 semanas, comparado com a aplicação isolada de terapia pelo exercício, proporciona um aumento significativo da força muscular de quadrícipite e isquiotibiais, avaliados por dinamometria isocinética, no entanto, estes ganhos não se traduzem em incremento da capacidade funcional (velocidade da marcha e distância percorrida) dos sujeitos segundo dados retirados da *Timed Up and Go Test*, *Timed-25 foot Walk* e *Two minute Walk Test*.

Barrett, et al (2009) verificaram que a aplicação de EEF nos pontos motores de tibial anterior, por um período de 18 semanas, proporcionou um aumento significativo na velocidade e distância percorrida na realização de marcha comparando com a não utilização de EEF. No entanto, confrontando esta modalidade eletroterapêutica com a aplicação de

terapia pelo exercício verifica-se que a terapia pelo exercício está associada a um maior aumento de velocidade da marcha do que o verificado pela aplicação da EEF.

O mecanismo fisiológico pelo qual a aplicação de estimulação elétrica neuromuscular produz resultados satisfatórios no incremento da capacidade funcional dos utentes com Esclerose Múltipla baseia-se nas alterações promovidas não só ao nível muscular como também no sistema nervoso central (Reese, et al, 2009).

Os benefícios no consumo de oxigénio associado à estimulação elétrica funcional de tibial anterior, na facilitação da flexão dorsal do tornozelo, na fase oscilante da marcha em utentes com EM e pé pendente, podem ser explicados pela diminuição dos mecanismos compensatórios de flexão da anca, joelho e circundação do membro inferior, por forma a evitar o contacto do pé ao solo. Semelhantes mecanismos compensatórios estão presentes na presença de espasticidade (Paul, et al, 2008).

Os utentes que adotam uma cadência de marcha mais lenta obtêm maiores proveitos com o uso de EEF comparando com os indivíduos com uma cadência de marcha acelerada. Este facto pode ser explicado pela maior facilidade com que parâmetros de eletroestimulação se poderão ajustar ao *timing* e intensidade de ativação muscular essenciais à execução da atividade (Paul, et al, 2008).

No entanto, é plausível que em utentes com EM, a cadência de marcha lentificada possa ser um fator preponderante para os maiores índices de consumo de oxigénio registados na execução da deambulação. Por outro lado, o uso de auxiliares de marcha, que requerem uma maior atividade dos membros superiores, condiciona um incremento nas demandas energéticas. Assim sendo, a aplicação de EEF e o subsequente aumento de força muscular e da velocidade de marcha conduzem a uma diminuição do consumo de oxigénio em 12 % (Paul, et al, 2008).

O aumento da força muscular em utentes com EM, decorrentes da aplicação de FES, constituem um

achado clínico de extrema relevância ao constatar-se que um músculo enfraquecido ainda apresenta potencial de reabilitação motora. As adaptações musculares associadas à aplicação deste tipo de dispositivos eletroterapêuticos, independentemente da severidade da fraqueza e défices musculares, suportam a relevância clínica desta modalidade terapêutica. No entanto, o papel da atividade e adaptação/plasticidade cortical resultante da realização de exercício não deve ser descurado (Broekmans, et al, 2011).

### Tónus muscular

Num estudo de caso, com uma duração de duas semanas, levado a cabo por Krause, Szecsi e Straube (2007) verificou-se, num sujeito com EM progressiva secundária, que a aplicação de estimulação elétrica funcional nos músculos quadríceps, glúteos e bíceps femoral, bilateralmente, durante o treino funcional dos membros inferiores em bicicleta, proporciona uma redução significativa do tónus, mensurada pela escala de Ashworth modificada e pelo teste de pêndulo semiautomático. A este facto acrescenta-se a perceção subjetiva do paciente em estudo, na redução do tónus muscular, horas após a realização do treino funcional.

No mesmo sentido, Whals, et al (2010) demonstraram, numa população de utentes com EM progressiva primária e secundária, que a aplicação de EENM sobre os músculos tibial anterior, quadríceps e grande glúteo por um período diário de 15 a 45 minutos, durante dois anos, está associada a uma melhoria na *performance* da marcha através da diminuição da espasticidade, dor muscular e atrofia muscular. Reforçando estes dados foi demonstrada uma melhoria média de 0,78 na cotação na *Kurtzke Disability Status Scale*.

Os benefícios associados à aplicação de estimulação elétrica neuromuscular no incremento do desempenho funcional da marcha baseiam-se numa regulação do tónus (diminuição da espasticidade) e na facilitação de movimentos ativos do tornozelo (Avramescu et al, 2010).

## Incontinência urinária

McClurg, Asshe e Lowe-Srong (2008) comprovaram que um programa de EENM (duração de nove semanas) associada à utilização de *biofeedback* eletromiográfico e ao treino de fortalecimento do pavimento pélvico comparada com aplicação do mesmo plano de tratamento mas com EENM placebo traduz-se em diminuições estatisticamente significativas na quantidade de perda de urina. No mesmo sentido, verificaram-se melhorias significativas na força e resistência muscular do pavimento pélvico, no entanto, a utilização de EENM não demonstrou qualquer vantagem neste âmbito relativamente à aplicação placebo de EENM. Constatou-se também, que os utentes submetidos ao plano de tratamento com EENM, apresentaram melhores índices de qualidade de vida quando comparados com os utentes submetidos a EENM placebo. Os autores constataram, de uma forma global, que todos os ganhos alcançados no grupo experimental se mantiveram em reavaliações subsequentes.

Não foram registados efeitos adversos associados à aplicação de EENM sobre a musculatura do pavimento pélvico (McClurg, et al, 2008).

A efetividade da aplicação de EEF em utentes com EM, nas disfunções do trato urinário, nunca tinha sido atestada experimentalmente em estudos anteriores. Da mesma forma que nos utentes não neurológicos, as disfunções do trato urinário inferior, na esclerose múltipla estará associada ao défice do músculo detrusor/esfíncter (McClurg, et al, 2008).

A amplitude dos benefícios terapêuticos associados à aplicação de EEF, em utentes com EM, comparada aos utentes não neurológicos está condicionada pela diminuição sensitiva, de força e *timing* de ativação muscular do pavimento pélvico e à atividade neuro moduladora ao nível espinal e supra espinal (McClurg, et al, 2008).

Os resultados obtidos no estudo da incontinência urinária em utentes com EM, está em sintonia com conclusões anteriormente obtidas noutro estudo

(fonte secundária) elaborado por Fried, Goetz e Potts-Nulty (1995) em que a aplicação de EENM foi realizada em populações neurogénicas. Ambos os estudos constataram uma associação direta entre o aumento na duração da contração do pavimento pélvico e a redução dos episódios de incontinência (McClurg, et al, 2008).

De acordo com os diferentes estudos analisados, a aplicação da estimulação elétrica neuromuscular apresenta benefícios terapêuticos, nomeadamente, no pé pendente, desempenho muscular e funcionalidade, tónus muscular e incontinência urinária.

Relativamente ao primeiro item, foi atestado que a aplicação de EENM, no maléolo externo, parece estar associada à promoção da flexão dorsal e eversão durante a realização de marcha, a uma melhor distribuição da carga sobre a face plantar do pé e a um aumento significativo da velocidade da marcha e diminuição do consumo de oxigénio à periferia. A EEF faz uso das propriedades biofísicas das correntes de eletroestimulação, através de um dispositivo estimulador do nervo peroneal, para promover o fortalecimento de músculos extrínsecos dorsais do pé, facilitando a flexão dorsal e eversão do tornozelo durante a fase oscilante da marcha, evitando o contacto do pé com o solo.

No que se refere ao desempenho muscular e funcionalidade, a aplicação de EENM parece estar associada a ganhos de resistência e força muscular, traduzindo-se num melhor desempenho na realização de marcha. No entanto, evidência científica parece confirmar que esta modalidade eletroterapêutica, comparada com a aplicação de terapia pelo exercício, está associada a um menor aumento de velocidade da marcha.

Relativamente aos dados realçados nas alterações de tónus muscular, verificou-se uma redução significativa do tónus associada ao treino funcional de membros inferiores conduzindo a melhorias substanciais da capacidade de deambulação.

No que diz respeito à incontinência urinária,

comprovou-se que a EENM traduz-se em diminuições significativas na quantidade de perda de urina bem como melhorias significativas na força e resistência muscular do pavimento pélvico. Estes dados foram reforçados pelo aumento considerável nos índices de qualidade de vida das populações-alvo. A amplitude dos benefícios terapêuticos associados à aplicação de EEF, em utentes com EM, comparada aos utentes não neurológicos, está condicionada pela diminuição sensitiva, de força e *timing* de ativação muscular do pavimento pélvico e à atividade neuro-moduladora ao nível espinal e supra espinal.

## CONCLUSÃO

Esta revisão de literatura sugere a existência de benefícios terapêuticos na aplicação da estimulação elétrica neuromuscular no tratamento do pé pendente, na melhoria do desempenho muscular e funcional, tónus muscular e incontinência urinária.

É ainda possível verificar que muita da literatura existente se foca em estudos exploratórios e descritivos e até estudos-piloto. Este facto permite constatar que ainda não existe evidência suficiente que permita confirmar a efetividade da aplicabilidade da estimulação elétrica neuromuscular em Esclerose Múltipla.

São poucos os estudos que apresentam dados relativos à efetividade da aplicação de estimulação elétrica neuromuscular na redução da espasticidade em utentes com Esclerose Múltipla (Krause, et al, 2007).

Ao nível da comunidade científica, e a constatar pelos diferentes casos clínicos e estudos descritivos encontrados, as questões de investigação ainda se concentram na descrição de procedimentos terapêuticos de EENM e nos benefícios /efeitos terapêuticos subsequentes, muito mais do que atestar a verdadeira efetividade dos mesmos.

É possível constatar, na compilação das diferentes amostras constituintes dos diferentes estudos analisados, que o grau de incapacidade, medido pela

*Expanded Disability Status Scale* (EDSS) foi classificado, em média, entre 3,75 e 6,78 (*score* mais baixo 2, *score* mais alto 7,5). Este facto proporciona, principalmente nos ensaios clínicos com aleatorização e estudos quasi-experimentais, uma redução considerável na capacidade de extrapolação dos resultados obtidos para a população com Esclerose Múltipla. Efetivamente não existem estudos que avaliem os efeitos terapêuticos bem como a efetividade da aplicação de estimulação elétrica neuromuscular em utentes com maiores graus de incapacidade, decorrentes da EM, por exemplo, com um grau de incapacidade cotado entre os 7,5 e os 9,5.

Nos diferentes estudos analisados, independentemente do seu grau de evidência científica, foi possível constatar que a aplicação de estimulação elétrica neuromuscular parece acarretar benefícios terapêuticos em utentes com Esclerose Múltipla, nomeadamente, no incremento dos índices de funcionalidade e qualidade de vida, na regulação do tónus muscular, no aumento da tolerância ao esforço, no fortalecimento da musculatura do pavimento pélvico, no aumento de força muscular de membros inferiores e na melhoria da *performance* da marcha em utentes com pé pendente.

De salientar que nenhum dos estudos analisados se debruça nos potenciais benefícios terapêuticos nos casos em que os *deficits* motores estão localizados no membro superior ou tronco. Efetivamente, nas pesquisas efetuadas, não foram descarregados artigos científicos que explorassem esta vertente. Provavelmente, a eventualidade de aplicação de elétrodos na proximidade de regiões nobres do tronco superior/tórax e região cervical condicionaram esta abordagem. Recomenda-se neste âmbito a realização de estudos que abordem potenciais benefícios terapêuticos decorrentes da aplicação de EENM no membro superior no paciente com EM.

A aplicação de estimulação elétrica neuromuscular por si só estará condicionada a um grupo restrito de utentes cuja sensibilidade somatossensorial (táctil, térmica e dolorosa) esteja mantida; isto porque a aplicação de meios eletrofísicos acarretam o risco de lesões dérmicas sendo, por isso, contraindicadas em

utentes com alterações da sensibilidade.

Concluído o trabalho de investigação recomenda-se a realização de estudos com um grau de evidência superior ao recolhido da literatura, privilegiando os ensaios clínicos com aleatorização que abordem a efetividade da aplicação da EENM em condições específicas associadas à Esclerose Múltipla como o pé pendente, as alterações do tônus e força muscular, na tolerância ao esforço, no desempenho funcional e na qualidade de vida.

A fisioterapia não deve descurar todas as valências e áreas de competências que tem ao seu dispor, em prol do seu paciente. Entre elas estão os meios eletrofísicos; estes podem potenciar os efeitos terapêuticos associados à utilização de outras modalidades como a terapia pelo exercício, terapia manual e o próprio ensino ao utente. Deste modo, o fisioterapeuta deve ter uma perspetiva abrangente de todas as áreas de saberes que incorpora a intervenção em fisioterapia ampliando o espectro de ação no tratamento de défices do movimento, tornando a sua classe mais valorizada junto da população.

## REFERÊNCIAS

Avramescu, Neamtu, Rusue Mangra (2010). New methods of data acquisition and walking analysis in multiple sclerosis after functional electrical stimulation. *Science, Movement and Health*, 10(1 supplement): 73-82.

Barrett, Mann, Taylor, e Strike (2009). A randomized trial to investigate the effects of functional electrical stimulation and therapeutic exercise on walking performance for people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 15(4): 493–504.

Bhadra, Kilgore, e Peckham (2001). Implanted stimulators for restoration of function in spinal cord injury. *Medical Engineering & Physics*. 23(1): 19–28.

Broekmans, Roelants, Feys, Alders, Gijbels, Hanssen, ... Eijnden (2011). Effects of long-term resistance training and simultaneous eletro-stimulation on muscle strength and functional mobility in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(4), 468–477.

Esnouf, Taylor, Mann, e Barret (2010). Impact on activities of daily living using a functional electrical stimulation device to improve dropped foot in people with multiple sclerosis, measured by the Canadian Occupational Performance Measure. *Multiple Sclerosis*

*Journal*, 16(9), 1141–1147.

Keith (2001). Neuroprostheses for the upper extremity. *Microsurgery*, 21(6): 256–263.

Kitchen (2003). Eletroterapia: Prática baseada em evidências. São Paulo, Brasil: Manole.

Krause, Szecsi, e Straube (2007). FES cycling reduces spastic muscle tone in a patient with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 22(4), 335–337.

Lundy-Ekman, L. (2008). Neuroscience: Fundamentals for rehabilitation . 3ª ed Philadelphia: Saunders.

McClurg, Ashe, e Lowe-Strong (2008). Neuromuscular electrical stimulation and the treatment of lower urinary tract dysfunction in multiple sclerosis - A double blind, placebo controlled, randomized clinical trial. *Neurourology and Urodynamics*, 27(3), 231–237.

McDonald e Ron (1999). Multiple sclerosis: the disease and its manifestations. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, 354(1390): 1615-1622.

Morris, Cantwell, Vowels, e Dodd (2002). Changes in gait and fatigue from morning to afternoon in people with multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry with Practical Neurology*, 72(3): 361–365.

Paul, Rafferty, Young, Miller, Mattison e McFadyen (2008). The effect offunctional electrical stimulation on the physiological cost of gait in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 14(7): 954–961.

Ratchford, Shore, Hammond, Rose, Rifkin, Nie, ... Kerr (2010). A pilot study of functional electrical stimulation cycling in progressive multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 27(2), 121–128.

Reese, ShivapourWahls, Dudley-Javoroski, e Shields (2009). Neuromuscular electrical stimulation and dietary interventions to reduce oxidative stress in a secondary progressive multiple sclerosis patient leads to marked gains in function: A case report. *Cases Journal*, 2, 7601-7604.

Rohkamm, R. (2004), Color Atlas of Neurology. Stuttgart, New York: Thieme.

Sheffler, Hennessey, Knutson, e Chae, J. (2009). Neuroprosthetic effect of peroneal nerve stimulation in multiple sclerosis: A preliminary study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(2): 362-365.

Sköld et al. (2002). Effects of functional electrical stimulation training for six months on body composition and spasticity in motor complete tetraplegic spinal cord-injured individuals. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 34(1): 25–32.

Vrbová, Hudlicka, e Centofanti (2008). Application of muscle/nerve stimulation in health and disease. London, United Kingdom: Springer.

Wahls, Reese, Kaplan, Darling (2010). Rehabilitation with neuromuscular electrical stimulation leads to functional gains in ambulation in patients with secondary progressive and primary progressive multiple sclerosis: A case series report. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 16(12), 1343-1349.