

EFEITOS DA EENM ASSOCIADA À CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA SOBRE A FORÇA DE PREENSÃO PALMAR

NMES effects associated with the voluntary contraction on the grip strength

**Priscilla Weber Domingues^a, Carla Tadano Moura^b, Ronny C. Onetta^c, Guilherme Zinezi^d,
Márcia Rosângela Buzzanello^e, Gladson Ricardo Flor Bertolini^f**

^a Fisioterapeuta formada pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, PR - Brasil.

^b Fisioterapeuta formada pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, PR - Brasil.

^c Fisioterapeuta formado pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, PR - Brasil.

^d Fisioterapeuta formado pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Fisioterapeuta Especialista em Fisioterapia Ortopédica e Traumatológica pela UNIOESTE. Cascavel, PR - Brasil.

^e Fisioterapeuta, Docente da UNIOESTE, Mestre em Engenharia de Produção (UFSC), Florianópolis, SC - Brasil.

^f Fisioterapeuta, Docente da UNIOESTE, Mestre em Engenharia Biomédica (UFTPR), Doutorando em Ortopedia, Traumatologia e Reabilitação (FMRP / USP), São Paulo, SP - Brasil, e-mail: gladson_ricardo@yahoo.com.br

Resumo

INTRODUÇÃO: A Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) é um recurso frequentemente utilizado para proporcionar aumento da força e hipertrofia muscular. O protocolo e a técnica de aplicação são fatores importantes para a efetividade dos resultados. **OBJETIVO:** verificar os efeitos de quatro protocolos de EENM sobre a força de preensão palmar em voluntários saudáveis. **METODOLOGIA:** Participaram do estudo 29 voluntários divididos em 5 grupos: G1 – EENM com Corrente Russa em musculatura extrínseca de punho e dedos; G2 – semelhante ao G1, além de contração voluntária associada; G3 – EENM com baixa frequência; G4 – EENM com baixa frequência e contração voluntária associada; e, G5 – controle. Avaliou-se a força de preensão palmar através da dinamometria, prévio ao uso da EENM, após 12 e 24 sessões. O procedimento de eletroestimulação ocorreu 3 vezes por semana, durante 8 semanas, totalizou 10 contrações nos 12 primeiros dias de tratamento, finalizando com 20 contrações nos 12 dias restantes. **RESULTADOS:** os resultados demonstraram aumentos de força em G1, G2, G3 e G4 ao final das terapias. **CONCLUSÃO:** concluiu-se que os quatro protocolos de EENM promoveram aumento da força de preensão, e não houve predomínio de nenhum dos protocolos.

Palavras-chave: Eletroestimulação. Força muscular. Força da mão.

Abstract

INTRODUCTION: Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) is one resource which is used to promote strength gain and muscle hypertrophy. The protocol and technique used are important factors for the results. **OBJECTIVE:** the goal of this study was to verify the effects of four NMES protocols on the grip strength in healthy volunteers. **METHODOLOGY:** 29 volunteers have participated in the study, divided in 5 groups: G1 – NMES with Russian Electrical Stimulation in wrist and fingers extrinsic musculature; G2 – similar to G1, besides associated voluntary contraction; G3 – NMES with low frequency; G4 – NMES with low frequency associated voluntary contraction; and, G5 – control. The grip force was evaluated by dynamometry, previous to the NMES use, after 12 and 24 sessions. Electrical stimulation procedure occurred 3 times a week, for 8 weeks, it totaled 10 contractions in the first 12 treatment days, concluding with 20 contractions in the 12 remaining days. **RESULTS:** the results demonstrated increases of force in G1, G2, G3 and G4 at the therapies end. **CONCLUSION:** We concluded that the NMES protocols promoted grip force increase, and there was not protocol prevalence.

Keywords: Electric stimulation. Muscle strength. Hand strength.

INTRODUÇÃO

A Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) é uma técnica de fortalecimento muscular baseada na estimulação elétrica dos ramos intramusculares dos motoneurônios, que induzem a contração muscular. Essa técnica é utilizada como um recurso adicional para reabilitação envolvendo o tratamento de hipotrofias, espasticidade, contraturas e na aquisição de aumento de força. Observa-se também a sua inclusão em programas de treinamento em atletas, para gerar ganhos de torques isométricos, objetivando promover, aperfeiçoar ou adaptar as capacidades iniciais de cada indivíduo (1).

A EENM pode causar alterações na propriedade contrátil do músculo, associado às alterações na composição das proteínas miofibrilares, e aumento da área das fibras musculares decorrente do aumento na síntese de proteínas contráteis (2). Essas adaptações fazem-se necessárias para que o músculo possa melhorar seu desempenho durante a realização das atividades em questão (3).

Com o propósito usual de conseguir hipertrofia muscular são aplicadas correntes de alta intensidade que produzem contrações musculares máximas toleráveis, em séries de poucos segundos, separadas por períodos de repouso um pouco mais longos. Porém, a maior limitação da EENM, é a queda precoce da força muscular, devido ao aparecimento da fadiga muscular (4).

Na década de 70, nos jogos Olímpicos de Montreal, os atletas soviéticos foram observados fazendo uso da EENM com uma corrente de média frequência interrompida (2500 Hz, modulada em 50 Hz) associada a exercícios voluntários, como uma técnica de treinamento para o fortalecimento muscular. A estimulação elétrica máxima, no fortalecimento muscular, pode fazer com que quase todas as unidades motoras em um músculo se contraíam de forma sincronizada, algo que não pode ser conseguido na contração voluntária. Isso permitiria o desenvolvimento de contrações musculares mais fortes, acompanhada de uma maior hipertrofia muscular, associada à estimulação (5, 6, 7).

Segundo Weineck (8), a Corrente Russa comparada com as demais correntes excitomotoras apresenta vantagens, como: menor resistência à passagem, pois quanto maior a frequência, menor será a resistência presente e, conseqüentemente, mais agradável a corrente se tornará; a tensão muscular eletricamente provocada é mantida por um tempo mais longo, causando, assim, também um estímulo de hipertrofia muscular mais intenso; e é possível um treinamento isolado de importantes grupos musculares.

A EENM pode ser usada para aumentar a ADM, fortalecer e facilitar programas de tratamento (9). Soares, Pagliosa e Oliveira (10) compararam o ganho de força de preensão palmar, frente ao uso da EENM de baixa ou média frequência. Obtiveram como resultado um aumento de 22,75% de

força muscular no grupo estimulado com a corrente de média frequência, e um aumento de 8,7% no grupo de baixa frequência. Concluíram que correntes de média frequência são mais eficazes em protocolos visando ganho de força.

Devido à variedade de protocolos utilizando a eletroestimulação, e controvérsias relatadas, torna-se difícil a visualização, se protocolos utilizando Corrente Russa, com pequeno número de repetições, produzem aumento da força muscular de preensão palmar acima daqueles obtidos com eletroestimulação de baixa frequência. Dessa forma, torna-se objetivo deste estudo avaliar e comparar a força de preensão palmar, através de dinamômetro de preensão, frente a quatro protocolos de eletroestimulação (musculatura extrínseca flexora e extensora de punho e dedos), utilizando a Corrente Russa ou Corrente Excitomotora de Baixa Frequência, associadas ou não à contração voluntária isométrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa em questão caracteriza-se por ser um ensaio clínico aleatório, quantitativo, envolvendo a análise de força de preensão palmar de 29 voluntários de ambos os sexos. Os critérios de inclusão foram: voluntários com idade entre 18 a 30 anos com interesse em participar do experimento. Dentre os critérios de exclusão estavam: indivíduos usuários de substâncias tóxicas, etilistas, possuidores de história pregressa de lesão muscular, óssea, nervosa ou articular recente no membro a ser analisado, além dos voluntários que não quiseram participar da pesquisa, independente do momento.

O processo de seleção da amostra foi realizado de forma aleatória e voluntária através de convite verbal. Os voluntários foram esclarecidos sobre os procedimentos experimentais que seriam efetuados. Aqueles indivíduos que se mostraram de acordo com os procedimentos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Prévia a realização do trabalho, este foi aprovado por Comitê de Ética em Pesquisas em Humanos.

Os voluntários foram inseridos de forma aleatória nos cinco grupos, por meio de sorteio. O grupo 1 (G1) finalizou o sorteio com 6 voluntários, os quais foram submetidos à terapia com corrente de média frequência (2500 Hz, modulada em 50 Hz) em músculos flexores e extensores, extrínsecos, de punho e dedos. O grupo 2 (G2, n=6) de forma semelhante ao G1, submeteu-se à terapia com corrente de média frequência, diferenciando-se apenas pela adição da contração isométrica voluntária. O grupo 3 (G3, n=6) foi submetido à corrente de baixa frequência (54 Hz) e ao grupo 4 (G4, n=6) além da eletroestimulação com baixa frequência, associava-se a contração voluntária. O grupo 5 (G5) foi o grupo controle, constituído por 5 voluntários, não submetido a nenhum protocolo de eletroestimulação ou isometria. Para todos os grupos foi solicitado que durante o período do experimento não fossem alterados os hábitos diários, ou seja, não iniciassem trabalhos de fortalecimento ou os abandonassem, de acordo com hábitos individuais.

O trabalho foi dividido em cinco etapas, com 3 avaliações e 2 períodos de tratamento: (AV1) avaliação inicial; (T1) estimulação com 10 contrações associadas ou não à isometria; (AV2) primeira reavaliação (2ª avaliação); (T2) estimulação com 20 contrações associadas ou não à isometria; e, (AV3) reavaliação final (3ª avaliação).

A primeira etapa, constituída pela avaliação inicial (AV1), foi realizada utilizando como instrumento de pesquisa uma ficha de avaliação. Essa ficha incluía questionamentos como: nome, idade, sexo, profissão, raça, endereço e membro dominante; compunha-se de uma breve anamnese, verificando presença de histórias pregressas de lesões. Após, foi procedida inspeção e palpação das partes ósseas, musculares, articulares e cutâneas dos membros superiores. Observou-se também a presença de limitações de amplitude de movimento (ADM) ativamente e da sensibilidade através de dermatômos.

Para a mensuração da força de preensão palmar, realizou-se a dinamometria, por meio de um dinamômetro de preensão palmar, da marca *North Coast Medical®*, modelo NC70154, com escala em libras por centímetro ao quadrado (l/cm²). Cada voluntário foi orientado a permanecer na posição sentada em uma cadeira, de tal maneira que os quadris e joelhos ficassem com 90° de flexão, mantendo os pés apoiados no chão; os membros superiores foram posicionados com o ombro na posição de adução

e flexão em torno de 45°; cotovelo a 45° com antebraço e punho em posição neutra, apoiados sobre a mesa. Cada voluntário foi submetido a um período de adaptação ao dinamômetro, com três repetições mantidas por 6 s. Após esse período o voluntário realizou novamente três contrações sustentadas por 6 s, com 30 s de repouso entre cada contração. Dos três valores obtidos, realizou-se a média determinando a força de preensão do voluntário em ambos os membros superiores. A dinamometria foi realizada em três momentos da pesquisa, na avaliação, na reavaliação e na reavaliação final.

A primeira etapa de tratamento (T1), constou da aplicação dos protocolos de EENM associados ou não à isometria (grupos 1, 2, 3 e 4). Prévio à eletroestimulação limpou-se a pele do antebraço, com algodão embebido em álcool 70%. A EENM foi realizada, por meio do aparelho *Kinesis* Corrente Russa, da marca KW®, o qual possuía certificado de calibração válido durante o período da pesquisa. A estimulação foi realizada com eletrodos de silicone e gel hidrossolúvel fixados na pele do paciente, através de fita adesiva. Eram utilizados dois canais para cada antebraço, sendo que um era posicionado na região anterior sobre o ponto motor da musculatura extrínseca flexora de punho e dedos, o outro eletrodo era posicionado distalmente ao primeiro; o segundo canal era colocado sobre o ponto motor da musculatura extrínseca extensora de punho e dedos, e o outro colocado em uma região adjacente, totalizando a utilização de 4 canais (bilateral).

A postura adotada durante a realização da EENM foi a mesma utilizada durante a dinamometria. Os procedimentos foram efetuados em um *box* contendo divã e banco de altura regulável. Durante a aplicação, a intensidade da corrente foi mantida, após ser atingido o limiar de excitabilidade motor, na intensidade referida pelo paciente como intensa, mas, suportável. Os parâmetros utilizados durante a aplicação dos protocolos de eletroestimulação foram: para G1 e G2 – corrente portadora de 2500 Hz, modulada em 50 Hz, ciclo de subida de 0,5 s, tempo de manutenção de 6 s, tempo de descida de 0,5 s, e, tempo de repouso de 13 s; para G3 e G4 – frequência de 54 Hz, com os parâmetros de subida, manutenção, descida e repouso, semelhantes aos de G1 e G2, sendo que a duração de fase era pré-regulada no equipamento.

A aplicação dos protocolos de eletroestimulação ocorreu três vezes por semana, durante um período de oito semanas, totalizado 24 sessões. Sendo que durante os 12 primeiros procedimentos de eletroestimulação, foram realizadas 10 contrações, caracterizando a segunda etapa; nos outros doze procedimentos foram 20 contrações, caracterizando a segunda etapa de tratamento (T2).

O aparelho produziu uma contração sincrônica entre a musculatura extensora e flexora de punho e dedos, surgindo isometria não voluntária para os dois grupos apenas eletroestimulados, além de ter sido solicitado para os voluntários de G2 e G4 realizarem, junto com a contração provocada pela corrente, contração isométrica da musculatura extrínseca flexora e extensora de punho e dedos voluntária.

Após o 12º procedimento foi realizada reavaliação (AV2) de maneira semelhante à avaliação inicial, monitorando o ganho de força por meio do dinamômetro de preensão palmar. Em seguida, os voluntários submeteram-se a novos períodos de eletroestimulação durante 12 sessões (T2). Ao final do experimento foi efetuada a reavaliação final (AV3). Com o grupo controle as avaliações foram realizadas no mesmo padrão dos grupos estimulados.

A análise dos resultados foi feita por meio de uma avaliação quantitativa, comparando os resultados dos indivíduos dos três grupos. Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva e do teste de ANOVA com medidas repetidas para comparações dentro dos grupos e do teste de ANOVA one-way para comparações entre os grupos, em ambos os casos foi utilizado como pós-teste Tukey, sempre com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os resultados obtidos, para as comparações dentro dos grupos, são expressos na Tabela 1.

TABELA 1 - Valores obtidos na primeira (1ª AV), segunda (2ª AV) e terceira (3ª AV) avaliações, com as comparações sendo mostradas através das diferenças das médias e valor de significância entre a 1ª AV e a 2ª AV (A x B), a 2ª AV e a 3ª AV (B x C), e a 1ª AV com a última avaliação (A x C)

	1ª AV	2ª AV	3ª AV	A x B	B x C	A x C
G1	13,87l/cm ²	14,84l/cm ²	15,40l/cm ²	6,99% p<0,05*	3,77% p>0,05	11,03% p<0,05*
G2	15,71l/cm ²	16,64l/cm ²	17,85l/cm ²	5,92% p>0,05	7,27% p<0,05*	13,62% p<0,05*
G3	14,40l/cm ²	15,15l/cm ²	16,68l/cm ²	5,21% p>0,05	10,10% p>0,05	15,83% p<0,05*
G4	12,97l/cm ²	14,09l/cm ²	14,78l/cm ²	8,64% p>0,05	4,90% p>0,05	13,96% p<0,05*
G5	17,97l/cm ²	18,48l/cm ²	18,81l/cm ²	2,84% p>0,05	1,79% p>0,05	4,67% p>0,05

* diferença estatisticamente significativa.

A comparação entre os grupos mostrou diferença ($p<0,05$) para G1 e G4 ao comparar com G5 na primeira avaliação, na segunda avaliação a diferença foi significativa apenas ao comparar G4 com G5, sendo que na última avaliação não havia mais diferença entre os grupos.

DISCUSSÃO

No presente estudo, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos eletroestimulados ($p>0,05$), ou seja, nenhum grupo apresentou-se melhor do que o outro ao comparar o acréscimo de força de preensão, sendo então diferente do trabalho de Soares, Pagliosa e Oliveira (10). Porém nas comparações entre os grupos, tanto o grupo no qual se utilizou Corrente Russa, quanto o grupo de baixa frequência associada à contração voluntária, apresentaram diferenças significativas ao comparar com o controle, mas não foram diferentes entre si, já na segunda avaliação o grupo em que foi utilizado Corrente Russa não apresentou mais diferença significativa, o que ainda não havia ocorrido para G4, que necessitou ainda de um novo período de tratamento para que fosse semelhante ao grupo controle.

De forma semelhante ao trabalho de Guirro, Nunes e Davini (11), no qual analisaram o efeito da EENM na atividade eletromiográfica e na força dos músculos extensores da perna, submetidos a um protocolo de 2 tipos de correntes com pulso quadrático bifásico, sendo uma de média (2500 Hz modula em 50 Hz) e a outra de baixa frequência (50 Hz); obtiveram um aumento significativo da força nos grupos eletroestimulados, tanto em baixa como em média frequência, sem alterações na atividade elétrica. No presente estudo os grupos eletroestimulados apresentaram ganhos de força significativos, porém o ganho de força para os grupos de baixa frequência ocorreram apenas ao comparar a primeira com a última avaliação, o que ocorreu antes nos grupos em que se utilizou Corrente Russa.

No trabalho de Sivini e Lucena (12), foi verificado o desenvolvimento da força muscular por meio da Corrente Russa em indivíduos saudáveis. Utilizaram quatro grupos, os quais realizaram protocolos constituídos apenas de exercícios de fortalecimento do quadríceps, de EENM ou a combinação de ambos. Os resultados indicaram que a EENM é eficaz em programas de fortalecimento muscular, quando associada a exercícios voluntários de fortalecimento. No presente estudo, independente da associação ou não da contração voluntária, observou-se ganhos significativos finais da força muscular. Contudo, apesar do ganho significativo de força nos grupos eletroestimulados, não se pode isolar o componente placebo, que pode ter influenciado nos resultados (7), como pelo aprendizado no uso do dinamômetro, produzindo pequenos ganhos de força.

Segundo Kantor, Alon e Ho (13) as correntes excitomotoras com formas simétricas bifásicas são as preferidas para eletroestimulação devido a sua baixa carga elétrica. Tais características foram comuns aos dois tipos de correntes utilizadas no presente estudo, tanto em média, quanto em baixa frequência.

Uma importante característica da Corrente Russa é a possibilidade de entregar altas intensidades de corrente com pequeno desconforto, comparada às correntes de baixa frequência (7); as intensidades utilizadas no presente estudo eram avaliadas subjetivamente, pela indicação dos participantes como intensas, porém confortáveis; o que pode ter contribuído para intensidades de energia suficientes para os resultados de ganho de força muscular, como o obtido por Snyder-Mackler et al. (14) que ilustram os benefícios da utilização da EENM sobre a força do quadríceps após reconstrução do ligamento cruzado anterior, e evidenciam que no grupo no qual foi entregue altas intensidades de energia houve aumento da força, fato que não ocorreu naqueles nos quais a estimulação era realizada com equipamentos portáteis, o que sabidamente entrega menores intensidades.

Segundo Canavan (15), o fato de associar uma contração isométrica à EENM torna a corrente mais confortável, aprimorando a tolerância do paciente à corrente, facilitando o recrutamento neuronal e incrementando o ganho de força muscular (4). Contudo, tal característica pode ser refutada nos resultados aqui apresentados, visto que para a Corrente Russa, independente da associação da contração voluntária, o ganho foi significativo em duas das avaliações realizadas, e no caso das correntes de baixa frequência as variações observadas, na última avaliação, ocorreram independente do uso de contração voluntária.

Uma das possíveis explicações para os resultados positivos para os grupos eletroestimulados com baixa frequência, com respeito ao ganho de força, seria a de que os grupos musculares eletroestimulados são superficiais. Assim, a possível maior penetração da Corrente Russa não foi necessária para elicitar maior recrutamento das junções mioneurais, mas por ser mais agradável, pode ter alcançado maiores intensidades e desta forma, ganhos significativos de forma mais precoce.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados apresentados, conclui-se que o uso de EENM em musculatura extrínseca de punho e dedos, com pequena quantidade de repetições, em dias alternados, apresenta ganho de força de preensão, porém, não se evidenciou grandes diferenças ao comparar os grupos submetidos à corrente de média frequência com aqueles de baixa frequência.

REFERÊNCIAS

1. Pichon F, Chatard JC, Martin A, Cometti G. Electrical stimulation and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(12):1671-6.
2. Greathouse DG, Nitz AJ, Matulionis DH, Currier DP. Effects of short-term electrical stimulation on the ultrastructure of rat skeletal muscles. *Phys Ther.* 1986;66(6):946-53.
3. Guyton CA, Hall EJ. *Tratado de fisiologia médica.* 10th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
4. Brasileiro SJ, Villar SAF. Comparação dos torques gerados por estimulação elétrica e contração muscular voluntária no músculo quadríceps femoral. *Rev Bras Fisiot.* 1997;1(2):75-81.
5. Low J, Reed A. *Eletroterapia aplicada: princípios e prática.* 3rd ed. São Paulo: Manole; 2001.
6. Delitto A. Introduction to "Russian electrical stimulation": putting this perspective into perspective. *Phys Ther.* 2002;82(10):1017-8.

7. Ward AR, Shkuratova N. Russian electrical stimulation: the early experiments. *Phys Ther.* 2002;82(10):1019-30.
8. Weineck J. *Biologia do esporte*. São Paulo: Manole; 2000.
9. Baker LL, Parker K. Neuromuscular electrical stimulation of the muscles surrounding the shoulder. *Phys Ther.* 1986;66(12):1931-7.
10. Soares VA, Pagliosa F, Oliveira OG. Estudo comparativo entre a estimulação elétrica neuromuscular de baixa e média frequência para o incremento da força de preensão em indivíduos sadios não-treinados. *Fisioter Brasil.* 2002;3(6):345-50.
11. Guirro R, Nunes VC, Davini R. Comparação dos efeitos de dois protocolos de estimulação elétrica neuromuscular sobre a força muscular isométrica do quadríceps. *Rev Fisioter Univ. São Paulo.* 2000;7(1-2):10-5.
12. Sivini LSC, Lucena TAC. Desenvolvimento da força muscular através da corrente russa em indivíduos saudáveis. 1999. [Internet]. [acesso 2006 mar 16] Disponível em: http://www.geocities.com/doug_unesp/russa.htm
13. Kantor G, Alon G, Ho HS. The effects of selected stimulus waveforms on pulse and phase characteristics at sensory and motor thresholds. *Phys Ther.* 1994;74(10):951-63.
14. Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka WS, Bailey LS. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 1994;74(10):901-07.
15. Canavan KP. *Reabilitação em medicina esportiva*. São Paulo: Santos; 1995.

Recebido: 28/01/2008

Received: 01/28/2008

Aprovado: 10/10/2008

Approved: 10/10/2008