

Artigo original

Efeitos da eletroestimulação neuromuscular e exercício resistido sobre a atividade elétrica e força do bíceps braquial

Effects of neuromuscular electrical stimulation and resistance exercise on electrical activity and strength of biceps brachii

Josias Justino Cambinja Chaves*, Débora Mengue Maggi*, Willians Cassiano Longen, Ft, M.Sc**,
Tiago Petrucci de Freitas, Ft, D.Sc.***

.....
*Curso de Fisioterapia da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), **Professor do Curso de Fisioterapia da Universidade do Extremo Sul Catarinense, Doutorando em Ciências da Saúde pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), ***Professor do Curso de Fisioterapia da Universidade Franciscano - UNIFRA

Resumo

A Eletroestimulação Neuromuscular (EENM) é uma técnica utilizada para promover fortalecimento muscular e melhora do desempenho físico. O objetivo deste estudo é analisar os efeitos da EENM na atividade elétrica e força do músculo bíceps braquial antes e após um protocolo de correntes de média frequência. A atividade elétrica muscular e a força isométrica foram avaliadas durante uma contração isométrica voluntária máxima com resistência. Através da Eletromiografia (EMG) realizou-se também o teste de 1 repetição máxima (1RM). Participaram deste estudo 22 indivíduos saudáveis com idade média de $26,77 \pm 2,45$ anos, randomizados em 4 grupos: Grupo Controle (GC n = 5), Grupo Exercício (GE n = 8), Grupo Eletroestimulação + Contração Isotônica (GEE n = 4) e Grupo Eletroestimulação + Contração Isométrica (n=5). O protocolo de eletroestimulação e treinamento foi aplicado numa frequência de 3 vezes por semana, perfazendo um total de 10 atendimentos. As estimulações foram realizadas nos pontos motores do músculo bíceps braquial. Os resultados deste estudo demonstram que o treinamento muscular voluntário, treinamento isotônico associado à eletroestimulação e treinamento isométrico associado à eletroestimulação sugerem um aumento da atividade elétrica muscular, força isométrica e força dinâmica, porém, sem diferenças significativas entre os grupos.

Palavras-chave: estimulação elétrica neuromuscular, atividade elétrica muscular, força muscular.

Abstract

The Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) is used to promote muscle strengthening and improvement of physical performance. The objective of this study was to analyze the effects of NMES on the electrical activity and strength of the biceps brachii before and after medium frequency currents protocol. The muscle electrical activity and isometric force were assessed during a maximal voluntary isometric contraction with resistance by Electromyography (EMG). It was also held the 1 repetition maximum (1RM). 22 healthy subjects participated in the study, 26.77 ± 2.45 years old, randomized into 4 groups: Control Group (GC n = 5), Exercise Group (GE n = 8), Electrical Stimulation + Isotonic Contraction Group (GEE n = 4) and Electrical Stimulation + Isometric Contraction Group (GEP n = 5). The electrical stimulation and training protocol was applied 3 times per week totalizing 10 sessions. The stimulations were performed in the motor points of the biceps brachii. The results indicated that voluntary muscle training, isotonic training associated with electrical stimulation and isometric training associated with electrical stimulation suggests an increase of muscle electrical activity, isometric and dynamic strength, however, without statistically significant differences between groups.

Key-words: neuromuscular electrical stimulation, muscle electrical activity, muscle strength.

Recebido 19 de janeiro de 2012; aceito em 7 de maio de 2012

Endereço para correspondência: Tiago Petrucci de Freitas, Rua Conde da Figueira, 786, 91330-590 Porto Alegre RS, E-mail: prof_tiaogofreitas@yahoo.com.br

Introdução

A Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) tem sido um dos recursos amplamente utilizado nos últimos anos na prevenção, tratamento e manutenção dos diferentes distúrbios neuromusculares que podem afetar o ser humano. A EENM é uma técnica pela qual se aplica a corrente elétrica para evocar contrações musculares e produzir movimentos funcionais em indivíduos com doenças neurológicas ou promover fortalecimento muscular para melhora do desempenho físico [1].

Atualmente, estão disponíveis muitas modalidades de estimulação elétrica para serem utilizadas em programas terapêuticos. Quando empregadas judiciosamente, algumas são eficazes como adjuvantes de um programa terapêutico bem planejado [2]. No entanto, apesar de amplamente empregada, a EENM ainda apresenta situações adversas no que tange aos efeitos da mesma sobre a atividade elétrica e força, pois existem estudos que afirmam que “na condição voluntária os músculos mostram maior atividade; entretanto, sem diferenças entre si, ao passo que na presença do estímulo elétrico verifica-se uma diferenciação da atividade elétrica da musculatura” [3], diferentemente da teoria de Hoogland [4] que defende que “a corrente de média frequência tem maior eficácia no recrutamento de fibras do que a contração voluntária”. Colson et al. [5], em seus estudos, postula que treinamento com eletromioestimulação é mais eficiente do que treinamento isométrico para aumento da força dinâmica assim como força isométrica. Contrações isotônicas envolvem encurtamento ativo dos músculos e contrações excêntricas envolvem alongamento ativo dos músculos. Contrações isométricas produzem altos níveis de tensão para contrações mantidas sem movimento premeditado [6-7].

Segundo Roberto [8], a corrente elétrica pode aumentar o fluxo sanguíneo em 20% após 1 minuto de sua aplicação e perdurar 5 minutos após. Sendo que a EENM é um importante recurso utilizado em medicina esportiva para acelerar processos de recuperação e ganho de força [8,9].

A EENM vem se inserida no contexto atual como um recurso terapêutico de forma a melhorar a abordagem no restabelecimento das funções normais da musculatura esquelética, assim como no aumento do trofismo, força e desempenho em pessoas normais sem a necessidade de se realizar tanto esforço como nos programas convencionais [8,10,11].

Pode-se destacar que o músculo Bíceps Braquial (BB) é mais efetivo como flexor na posição de supinação do antebraço. Na posição de pronação, o BB tem mínima contribuição, mesmo contra resistência. Este músculo dá sua maior contribuição à ação de flexão, isto é, de 30° a 120° de flexão. Através da Eletromiografia (EMG) realiza-se estudo da atividade elétrica do músculo e com ela é possível quantificar a magnitude da resposta elétrica dos músculos durante a tarefa [12].

O uso da Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM), ao lado da cinesioterapia, tem sido um dos recursos mais uti-

lizados no fortalecimento muscular, assim como na prevenção de hipotrofia antes, durante e após os episódios de lesão [9].

O presente estudo objetivou verificar as alterações funcionais em relação à força e condução do estímulo elétrico, decorrentes da aplicação de um protocolo de EENM na musculatura esquelética do bíceps braquial, assim como verificar, através da eletromiografia expressa em *Root Mean Square* (RMS), o comportamento da condução do estímulo elétrico durante uma contração isométrica voluntária máxima contra a resistência. Paralelamente buscou-se analisar através de célula de carga da máquina *Scott* em Quilogramas-força (Kgf) as alterações de força isométrica da musculatura esquelética e por fim levantar as alterações de força muscular dinâmica através de 1 Repetição Máxima (1RM), antes e após a aplicação de um protocolo de EENM.

Material e Métodos

Trata-se de um estudo experimental com pré e pós-teste, prospectivo, descritivo, quali-quantitativo e cego. A coleta de dados e aplicação do protocolo foi realizada de maio a julho de 2011 no Laboratório de Biomecânica da Universidade do Extremo Sul Catarinense/SC.

Amostra

A população do estudo foi constituída por 47 indivíduos de nacionalidade angolana, do sexo masculino, saudáveis matriculados nos diferentes cursos da UNESC no primeiro semestre de 2011. Sete (7) foram excluídos por não reunirem critérios de inclusão, 16 não compareceram nos dias da avaliação, 24 foram avaliados e 2 foram excluídos por desistência ao longo do programa, restando 22 acadêmicos, com idade média de $26,77 \pm 2,45$ anos, todos destros, que não praticavam atividade física regularmente, sem registro de dor ou disfunção atual e/ou recente no membro superior e coluna vertebral.

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, Brasil (Parecer nº 70/2011) e realizada no Laboratório de Biomecânica, localizado na Clínica de Fisioterapia da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Instrumentação

A atividade elétrica muscular foi avaliada através da eletromiografia de superfície apresentado em RMS. A força muscular estática foi avaliada através da célula de carga da máquina *Scott* acoplada ao eletromiógrafo da marca *EMG System* do Brasil, foram utilizados eletrodos autoadesivos da marca *Meditrace* para a captação do sinal eletromiográfico apresentados em μV .

O teste de força máxima dinâmica (Teste de 1 RM) foi realizado na máquina *Scott* tendo em conta a quantidade máxima de peso levantado em um esforço simples máximo fazendo o movimento de flexão do cotovelo contra resistência, e o indivíduo completou todo o movimento sem que pudesse repetir uma segunda vez, com um acréscimo ou diminuição de 5 Kg, que em alguns casos foi repetido com intervalo de 3 minutos de repouso.

Nos grupos que fizeram eletroestimulação, o protocolo de EENM foi realizado com corrente russa da marca Endophasys-R ET 9701 de média frequência (2500 Hz) durante quatro semanas em sessões de vinte minutos. Para a estimulação elétrica, foram utilizados eletrodos modelo silicone-carbono e gel hidrossolúvel, com a limpeza prévia da pele com álcool a 70% e algodão. Utilizou-se uma adaptação do protocolo proposto por Roberto *et al.* [8], realizada nos pontos motores do músculo bíceps braquial em duas fases.

Fase de adaptação ao aparelho: Os parâmetros utilizados foram de impulsos com duração de 200µs; frequência de 10Hz; tempo *on* de 9 segundos; tempo *off* de 9 segundos e tempo total de 5 minutos.

Fase de fortalecimento: Os parâmetros utilizados foram de impulsos de 300µs; frequência de 50 Hz; tempo *on* de 9 segundos; tempo *off* de 9 segundos, duração de pulso: 0,3 ms, sendo 15 minutos total de aplicação, a amplitude da corrente foi aumentada gradualmente àqueles voluntários que se adaptaram facilmente [7,8].

A amostra foi dividida em quatro grupos experimentais distintos, divididos e randomizados por meio de sorteio de envelope em:

Grupo Eletroestimulado Passivamente (GEP $n = 5$): Neste grupo foi aplicado o protocolo de corrente russa com os parâmetros descritos, onde o voluntário permaneceu sentado na máquina *Scott* com o cotovelo flexionado a 90°, mão supinada e dedos flexionados, realizando uma contração isométrica, durante os 15 min preconizados pelo protocolo.

Grupos Eletroestimulado com Exercício (GEE $n = 4$): Neste grupo foi aplicado o protocolo de corrente russa com os parâmetros descritos, no qual o voluntário permaneceu sentado na máquina *Scott*, realizando flexão e extensão do cotovelo num ângulo de 30° a 120° [12] utilizando uma proporção de 6:6 entre os ciclos *on* e *off*, com contração contra a resistência com uma carga de 75% de 1 Repetição Máxima (1RM), realizando 3 séries de 12 repetições [13].

Grupo Exercício (GE $n = 8$): Neste grupo o voluntário permaneceu sentado na máquina *Scott*, realizando flexão do cotovelo num ângulo de 30° a 120° [9] contra a resistência com uma carga de 75% de 1 Repetição Máxima (1RM), realizando 3 séries de 12 repetições [13].

Grupo Controle - Não Estimulado e Sem Exercício (GC $n = 5$): Este grupo foi avaliado no início e no final da aplicação protocolo sem que durante o tempo da pesquisa realizassem quaisquer atividades de fortalecimento muscular de membros superiores.

Análise estatística

Os dados obtidos na pesquisa foram expressos e analisados estatisticamente utilizando o programa *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* versão 18.0 for Windows como pacote estatístico. O nível de significância estabelecido para o teste estatístico foi $\alpha = 0,05$ e o intervalo de confiança de 95% e realizadas comparações das variáveis quantitativas (força dinâmica, atividade elétrica e força isométrica) entre os grupos através da aplicação do teste *T de Wilcoxon*, seguido do teste de *H de Kruskal-Wallis*.

Os valores das variáveis RMS, Kgf e 1RM foram expressos em Média \pm Desvio Padrão (DP) com nível de significância de $p < 0,05$.

Os dados obtidos foram organizados através de tabelas elaborados através do *Microsoft Office Excel* gráficos através do software *SPSS* versão 18.

Resultados

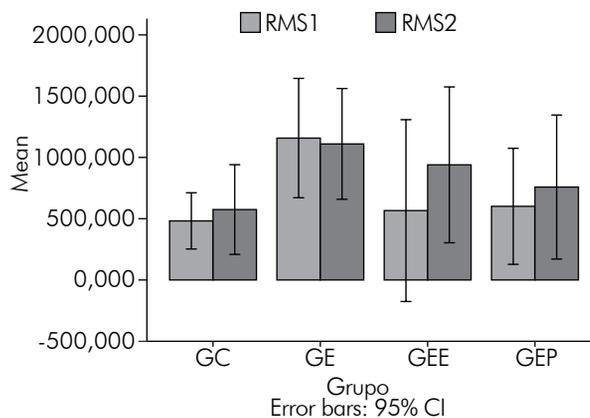
Atividade elétrica muscular em RMS

Após a aplicação do protocolo houve uma tendência ao aumento na atividade elétrica expressa em RMS dos grupos GC (antes $482,03 \pm 184,87$ e depois $547,64 \pm 294,72$) tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,225$), GEE (antes $566,04 \pm 466,08$ e depois $939,34 \pm 399,71$) variação que não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,068$) e GEP (antes $601,12 \pm 381,21$ e depois $758,20 \pm 473,23$) tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,225$).

Houve uma leve tendência à diminuição da atividade elétrica no grupo GE (de $1157,76 \pm 582,64$ para $1110,13 \pm 540,83$), tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,674$).

Comparando os grupos não se obteve resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) sendo o valor de $p = 0,277$.

Figura 1- Análise da atividade elétrica muscular em RMS.

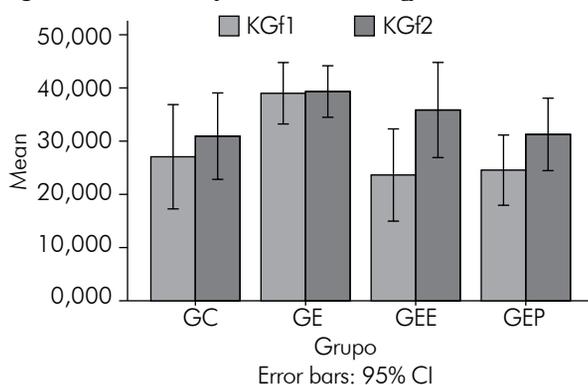


Média da atividade elétrica muscular em μV RMS1: Antes do protocolo de EENM e RMS2: Após o protocolo de EENM.

Força isométrica em Kgf

Ao analisar a Força Estática (isométrica) nos diferentes grupos (Gráfico 2) verifica-se no GC (antes $27,07 \pm 7,90$ e depois $30,95 \pm 6,54$) que tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,138$), GE (antes $39,00 \pm 6,90$ e depois $39,32 \pm 5,80$) variação que não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,401$), GEE (antes $23,64 \pm 5,45$ e depois $35,85 \pm 5,62$) variação que não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,068$) e GEP (antes $24,55 \pm 5,31$ e depois $31,27 \pm 5,49$) tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,138$).

Figura 2 - Análise da força estática em Kgf.



Média da Força Isométrica muscular em Kgf *KGf1*: Antes do protocolo de EENM e *KGf2*: Após o protocolo de EENM.

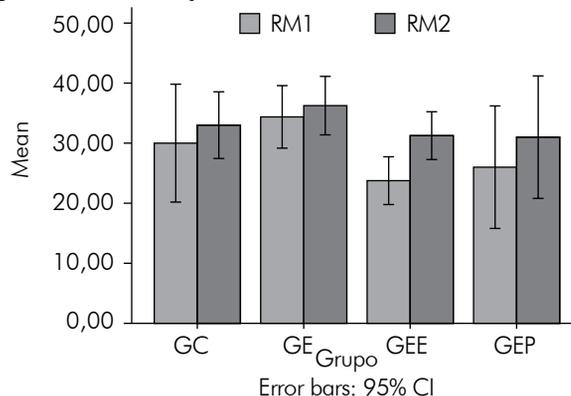
Comparando os grupos não se obteve resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) sendo o valor de $p = 0,052$.

Força dinâmica 1RM

Ao analisar os resultados, verifica-se que não houve diferenças estatisticamente significativas no incremento na força dinâmica em 1RM em todos os grupos (Gráfico 3).

GC (antes $30,00 \pm 7,90$ e depois $33,00 \pm 4,47$) tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,180$), GE (antes $34,38 \pm 6,23$ e depois $36,25 \pm 5,82$) variação que não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,083$), GEE (antes $23,75 \pm 2,50$ e depois $31,25 \pm 2,50$) variação que não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,063$) e GEP (antes $26,00 \pm 8,22$ e depois $31,00 \pm 8,22$) tal variação não mostrou diferença estatística significativa ($p = 0,059$).

Figura 3 - Análise da força dinâmica 1RM.



Média da Força muscular Dinâmica em Kg *RM1*: Antes do protocolo de EENM e *RM2*: Após o protocolo de EENM.

Comparando os grupos não se obteve resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$), sendo o valor de $p = 0,195$.

Tabela I - Análise das médias antes e após a aplicação do protocolo de EENM.

		Antes (X ± DP)	Depois (x ± DP)	Valor de p pareado	Valor de p
RMS	GC	482,03 ± (184,87)	547,64 ± (294,72)	0,225	0,277
	GE	1157,76 ± (582,64)	1110,13 ± (540,83)	0,674	
	GEE	566,04 ± (466,08)	939,34 ± (399,71)	0,068	
	GEP	601,12 ± (381,21)	758,20 ± (473,23)	0,225	
Kgf	GC	27,07 ± (7,90)	30,95 ± (6,54)	0,138	0,052
	GE	39,00 ± (6,90)	39,32 ± (5,80)	0,401	
	GEE	23,64 ± (5,45)	35,85 ± (5,62)	0,068	
	GEP	24,55 ± (5,31)	31,27 ± (5,49)	0,138	
1 RM	GC	30,00 ± (7,90)	33,00 ± (4,47)	0,180	0,194
	GE	34,38 ± (6,23)	36,25 ± (5,82)	0,083	
	GEE	23,75 ± (2,50)	31,25 ± (2,50)	0,063	
	GEP	26,00 ± (8,22)	31,00 ± (8,22)	0,059	

Ao serem comparados os grupos GC, GE, GEE e GEP, quanto as variáveis RMS, Kgf e 1RM antes e após a aplicação do protocolo, observou-se uma tendência ao aumento da atividade elétrica muscular, força estática e força dinâmica, porém a diferença encontrada não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

A comparação entre os grupos, após aplicação do protocolo, forneceu distintos valores, ficando evidente a maior atividade elétrica muscular no GE, porém, as diferenças observadas entre as médias dos grupos não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

Discussão

A Eletroestimulação Neuromuscular (EENM) tem sido um dos recursos que tem sido utilizado nos últimos anos na prevenção, tratamento e manutenção dos diferentes distúrbios neuromusculares aos quais o ser humano está exposto no seu dia a dia. A velocidade da condução nervosa pode ser testada em qualquer nervo periférico que seja superficial ou suficiente para ser estimulado através da pele em dois pontos diferentes [7]. Exercícios de fortalecimento (treinamento de força) é o procedimento sistemático, de um músculo ou grupo muscular, de levantar, abaixar ou controlar cargas pesadas (resistência) durante um número relativamente baixo de repetições ou um curto período de tempo [14].

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da eletroestimulação neuromuscular sobre a atividade elétrica e força do músculo bíceps braquial.

Pode-se observar que houve uma maior tendência ao aumento na atividade elétrica muscular no grupo GEE do que GEP se comparada o antes e após a aplicação do protocolo de corrente russa, o que vai de encontro com o estudo e revisão sistemática de Dehail [6] que afirma que técnicas de eletroestimulação combinadas são mais eficientes do que apenas a eletroestimulação. Estudo feito por Colson *et al.* [5] mostrou que o treinamento com eletroestimulação é mais eficiente do que treinamento isométrico voluntário tanto para a melhora da força isométrica como dinâmica, assim como no grupo GC. Houve uma leve diminuição da atividade elétrica no grupo GE o que é contraditório com o estudo de LaRoche [15] que, após o treinamento, verificou um aumento da atividade elétrica muscular através da EMG. Estudos de Oliveira [16] demonstram que nos diferentes posicionamentos da articulação do joelho, em todos os grupos analisados, os valores da atividade elétrica em RMS dos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral oblíquo, na análise intragrupo, não apresentaram diferença estatisticamente significativa, pós-treinamento com EENM. De Luca [17] em seu estudo afirma que os músculos com fibras de diâmetro maiores, tais como aquelas pertencentes às unidades motoras de limiar mais alto, teriam maiores velocidades de condução, que, por sua vez, mudariam o espectro de frequência em direção as altas taxas. Consequentemente, o valor da frequência mediana aumentaria.

Houve uma tendência a aumento na força muscular durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) nos grupos, GE, GEE e GEP. Achados em estudos anteriores de Ávila [18] demonstraram que houve um aumento da força isométrica após Exercício e Exercício + EENM, porém não encontraram diferenças significativas entre grupos. Currier *et al.* [19] compararam o treinamento isométrico por meio da CVM e a associação desse exercício a EENM também em indivíduos saudáveis. Os resultados apontaram que ambos os treinamentos produziram um ganho de torque semelhante, não havendo diferenças significativas. Selkowitz [20] em uma ampla revisão da EENM de média frequência, realizada em 1989, apresenta evidências convincentes de fortalecimento, entretanto, notou que há poucas evidências de que os ganhos de força sejam superiores aos exercícios voluntários ou associados à EENM. Fato que vai de encontro com Oliveira [16] que postula que não podemos afirmar que a associação da contração isométrica voluntária a EENM gera maiores valores de força muscular pós-treinamento. No caso da EENM, o aumento da força muscular pode se dar em virtude de adaptações orgânicas, como o aumento do fosfato de creatina, diminuição do consumo de adenosina trifosfato intramuscular e alterações no pH intracelular [21].

Verificou-se um aumento na força dinâmica mensurada através do teste de 1 repetição máxima (1RM) em todos os grupos com ênfase nos grupos GEE e GEP o que vai ao encontro dos estudos de Wayne, Pires e Ward [22,23,11] que concluem que correntes de média frequência são eficientes quando a meta é produzir um torque máximo do músculo assim como para protocolos de reabilitação. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o grupo GE, GEE e GEP cujos resultados corroboram o estudo feito por Ávila [18] no qual os grupos aumentaram seu pico de torque em ambas as modalidades testadas, sem diferença entre o grupo Exercício e Exercício+EENM. Outra pesquisa descreve que houve aumento de força e hipertrofia em idosos em treinamentos com 50% de 1RM [24]. Estudos realizados por Callaghan *et al.* [25] compararam dois regimes de EENM para reabilitação do músculo quadríceps em indivíduos portadores da disfunção fêmuro-patelar, constatando que ambos os regimes geraram maiores valores de força muscular após o período de treinamento, demonstrando, assim, um efetivo fortalecimento do músculo quadríceps através da EENM. Delitto & Snyder-Mackler [26] afirmam que o aumento da força muscular pela EENM envolve o mesmo mecanismo do exercício voluntário, isto mostra que o aumento de força depende do aumento da carga funcional o que pode ser associado à afirmação de que “quanto maior a capacidade de produção de força, maior a vantagem obtida com o uso da EENM” [27].

Conclusão

Um bom conhecimento da aplicação da EENM poderá otimizar o seu uso tanto para a clínica como para programas de reabilitação física que envolvem fortalecimento muscular.

Neste estudo os resultados sugerem que o treinamento muscular voluntário, treinamento isotônico associado à eletroestimulação e treinamento isométrico associado à eletroestimulação demonstram uma tendência para o aumento da atividade elétrica, força isométrica e força dinâmica em jovens saudáveis sem diferenças estatisticamente significativas.

Os valores muito altos dos desvios-padrão indicam dispersão considerável dos valores ao redor da média, o que pode ter ocorrido em função do tamanho reduzido dos grupos pesquisados.

Pode-se assim constatar que a EENM é efetiva para programas que visem o fortalecimento muscular e a melhoria da atividade elétrica muscular, porém sem diferença se comparada ao exercício voluntário.

Apesar de não apresentar diferenças significativas entre os grupos o presente estudo sugere deste modo, uma análise com um tempo maior de treinamento muscular para os diferentes grupos assim como maior tempo para adaptação neuromuscular.

Referências

1. Faller L, Neto GNN, Button VLSN, Nohama P. Avaliação da fadiga muscular pela aplicação de um protocolo de EENM. *Rev Bras Fisioter* 2009;13(5):422-9.
2. Kendall FP. *Músculos: provas e funções*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 2007.
3. Franciulli PM, Bigongiari A, Souza FA, Araújo RC, Mochizuki L. A somatória de estímulos voluntários e eletricamente eliciados aumenta o torque articular? *Biosci J (online)* 2008;24(3):80-5.
4. Hoogland R. *Strengthening and stretching of muscles using electrical current*. Delft: Enraf Nonius; 1988.
5. Colson SS, Martin A, Van Hoecke J. Effects of electromyostimulation versus voluntary isometric training on elbow flexor muscle strength. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19:311-9.
6. Dehail P, Duclos C, Barat M. Electrical stimulation and muscle strengthening. *Ann Readapt Med Phys* 2008;51:441-51.
7. O'Sullivan SB. *Fisioterapia: Avaliação e tratamento*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 2010.
8. Roberto AE. *Eletroestimulação: o exercício do futuro*. São Paulo: Phorte; 2006.
9. Matheus JPC, Gomide LB, Oliveira JGP, Volpon JB, Shimano AC. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular durante a imobilização nas propriedades mecânicas do músculo esquelético. *Rev Bras Med Esporte* 2007;13(1):55-9.
10. Laufer Y, Michal E. Effect of burst frequency and duration of kilohertz-frequency alternating currents and of low-frequency pulsed currents on strength of contraction, muscle fatigue, and perceived discomfort. *Phys Ther* 2008;88(10):1167-76.
11. Ward AR. Electrical stimulation using kilohertz-frequency alternating current. *Phys Ther* 2009;89(2):181-90.
12. Hamill J, Knutzen KM. *Bases biomecânicas do movimento humano*. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2008.
13. Silva MA. Comparação dos efeitos da utilização da corrente russa e corrente interferencial para o ganho de trofismo muscular na estimulação do músculo bíceps. *Revista Cereus* 2009;1(1).
14. Kisner C, Colby LA. *Exercícios terapêuticos*. 4ª ed. São Paulo: Manole; 2005.
15. La Roche DP. Initial neuromuscular performance in older women influences response to explosive resistance training. *Isokinet Exerc Sci* 2009;17(4):197.
16. Oliveira CA, Palomari ET. Alterações do músculo quadríceps sob o ponto de vista eletromiográfico pós-estimulação elétrica neuromuscular em indivíduos normais e portadores da disfunção femoropatelar [Dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2008. 141f
17. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech* 1997;13:135-63.
18. Avila MA, Brasileiro JS, Salvini TF. Estimulação elétrica e treinamento isocinético: efeitos na força e propriedades neuromusculares de adultos jovens saudáveis. *Rev Bras Fisioter* 2008;12(6):435-40.
19. Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther* 1983;63(6):915-21.
20. Selkowitz DM. High frequency electrical stimulation in muscle strengthening. *Am J Sports Med* 1989;17:103-11.
21. Povilonis E, Mizuno M. Energy metabolism of the gastrocnemius and soleus muscles during isometric voluntary and electrically induced contractions in man. *J Physiol* 1998;2:593-602.
22. Wayne BS, Causey JB, Marshall TL. Comparison of maximum tolerated muscle torques produced by 2 pulse durations. *Phys Ther* 2009;89(8):851-7.
23. Pires KF. Análise dos efeitos de diferentes protocolos de eletroestimulação neuromuscular através da frequência mediana. *Rev Bras Ciênc Mov* 2004;12(2):25-8.
24. Garcia PA, Dias JMD, Dias RC, Santos P, Zampa CC. Estudo da relação entre função muscular, mobilidade funcional e nível de atividade física em idosos comunitários. *Rev Bras Fisioter* 2011;15(1):15-22.
25. Callaghan MJ, Jaqueline AO. Electric muscle stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:956-62.
26. Delitto A, Snyder-Mackler L, Robinson AJ. *Estimulação elétrica do músculo: técnicas e aplicações*. Eletrofisiologia clínica. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
27. Brasileiro JS, Salvini TF. Limites da estimulação elétrica neuromuscular no fortalecimento de músculos esqueléticos saudáveis e com déficit de força. *Fisioter Bras* 2004;5:224-30.