



O SALTO VERTICAL NÃO É ALTERADO IMEDIATAMENTE APÓS A ELETROESTIMULAÇÃO TRANSCUTÂNEA DE MÉDIA FREQUÊNCIA

Daniel Quilici Mola¹

Fábio Yuzo Nakamura²

Denise Elena Grillo¹

Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi^{1,2}

¹ Universidade Presbiteriana Mackenzie – Brasil

² Universidade Estadual de Londrina – Brasil

Resumo: O propósito desse estudo foi analisar o efeito agudo da eletroestimulação transcutânea (ET) no salto vertical (SV). A altura do SV de nove sujeitos foi mensurada na situação controle e após cinco minutos de ET. Além disso, a atividade neural periférica foi determinada pela raiz quadrada média do sinal eletromiográfico (RMS) obtido antes e durante o SV. Não foram encontradas diferenças significativas do SV após a ET ($p > 0,05$). O RMS permaneceu inalterado na maioria das situações, com exceção da perna esquerda durante o SV após a ET ($p < 0,05$). Esses resultados indicam que, embora a ET tenha modificado o RMS da perna esquerda, esse estímulo não foi suficiente para potencializar o desempenho no SV.

Palavras-chave: Eletromiografia; ajuste neural; contração muscular.

THE VERTICAL JUMP IS NOT MODIFIED AFTER THE TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL STIMULATION WITH MEDIUM FREQUENCY

Abstract: The objective this study was to analyze the effects of the short-time electrical stimulation (ES) in vertical jump (VJ). The VJ of nine subjects physically active was measured with and without five minutes of ES. Moreover, peripheral neural activity was obtained by root mean square (RMS) of the electromyography signal. There were not significant differences between the situations in VJ ($p > 0,05$). In addition, only the RMS of the left leg increased after the ES ($p < 0,05$). These results indicate that, despite the RMS of the left leg has been modified after ES, this increase was not enough to improve the VJ.

Key words: Electromyography; neural adaptations; muscle contraction.

INTRODUÇÃO

O músculo estriado esquelético é capaz de gerar diferentes níveis de tensão e, conseqüentemente, movimentos que podem variar em magnitude, velocidade e precisão. Nesse sentido, a busca pela maximização do desempenho esportivo tem levado alguns pesquisadores e treinadores a utilizarem inúmeras estratégias que antecedem a realização da tarefa principal, tais como o

aquecimento ativo (BISHOP, 2004) e a potencialização pós-ativação (REQUENA et al., 2005). Em suma, acredita-se que essas estratégias pré-tarefa sejam capazes de modificar de forma aguda os mecanismos fisiológicos responsáveis pela ação muscular.

Do ponto de vista neural, a variação do perfil da força muscular depende de fatores periféricos e centrais, como por exemplo, o diâmetro dos motoneurônios das fibras que compõem um determinado músculo e o grau de complexidade da tarefa realizada, respectivamente (BAWA, 2002). Em relação aos fatores periféricos, assume-se que a ativação das unidades motoras (UMs) é determinada, sobretudo, pelo princípio do tamanho. De acordo com esse princípio, durante a ação muscular intensa as UMs menores, de contração lenta e resistentes à fadiga são recrutadas antes das UMs maiores, de contração rápida e mais fadigáveis. Supostamente, isso se deve ao fato dos motoneurônios das fibras do tipo II possuírem o limiar de excitação mais elevado que as fibras do tipo I. Contudo, parece que o treinamento físico realizado apenas com ações musculares voluntárias não é capaz de alterar o princípio do tamanho, ao passo que a estimulação elétrica do nervo motor ativa seletivamente as UMs maiores (BAWA, 2002).

Assim, alguns trabalhos investigaram longitudinalmente os efeitos da eletroestimulação transcutânea (ET) no desempenho esportivo. Por exemplo, em um estudo realizado com jogadores de *hockey* sobre o gelo, os quais foram submetidos a um programa semanal de ET nos músculos extensores do joelho, foi possível se observar um aumento significativo da força muscular medida de forma isocinética, e na patinação executada na velocidade máxima no percurso de dez metros (BROCHERIE et al., 2005). Em um outro trabalho realizado com jogadores de basquetebol, constataram-se ganhos significativos na força excêntrica, isométrica e concêntrica nos músculos extensores do joelho após quatro semanas de ET (MAFFIULETTI et al., 2000).

Por outro lado, ao se considerar que, de forma aguda a ET é capaz de recrutar preferencialmente as fibras de contração rápida e modificar a ordem de recrutamento das unidades motoras (PIAZZI et al., 2004), é atraente suspeitar que ela talvez possa ser empregada como uma das estratégias pré-tarefa. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos agudos da ET na altura do salto vertical (SV). Adicionalmente, a raiz quadrada média do sinal eletromiográfico (RMS) também foi obtida antes e durante o SV, pois esse índice tem sido considerado válido para representar a atividade neuromuscular (MERLETTI et al., 2001).

MATERIAIS E MÉTODOS

AMOSTRA E DESENHO EXPERIMENTAL

Nove indivíduos fisicamente ativos (idade = 25 ± 5 anos, massa corporal = $73,8 \pm 8,8$ kg, estatura 176 ± 7 cm), livres de quaisquer patologias neuromusculares e com experiência de pelo menos seis meses em treinamento de força com os membros inferiores, participaram desse estudo após a leitura e a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Além disso, foi solicitado aos sujeitos que não praticassem exercícios físicos extenuantes, que não ingerissem álcool e substâncias que possuíssem cafeína nas 24 h que antecederiam os testes. A altura do salto vertical e a RMS desses indivíduos foram mensuradas na situação controle e após uma sessão de ET, as quais tiveram a ordem estabelecida de forma contrabalançada. Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética em Pesquisa do Curso de Educação Física – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Universidade Presbiteriana Mackenzie.

SALTO VERTICAL

O SV iniciou com os sujeitos em pé e com as mãos apoiadas ao quadril sobre a plataforma de salto *Jump Test Pro 2.0 System*. A altura do SV foi estimada a partir do tempo de permanência que o corpo ficava sem contato com o solo mediante o software desse equipamento. Embora não tenha sido mensurado o ângulo de flexão dos joelhos, foi solicitado aos sujeitos que realizassem uma flexão de aproximadamente 90° durante a execução do SV, sendo que o maior valor de três tentativas consecutivas máximas foi utilizado para representar a altura do SV. Também foi pedido aos sujeitos que mantivessem as vestimentas semelhantes nas sessões experimentais.

ELETROESTIMULAÇÃO TRANSCUTÂNEA E ELETROMIOGRAFIA

A ET foi realizada durante um período de cinco minutos por meio de um eletroestimulador comercial (*Slim Gym Power*), o qual teve as suas informações técnicas previamente aferidas pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. Os eletrodos desse equipamento foram afixados na divisão entre o primeiro terço proximal com o segundo terço do quadríceps femoral, conforme sugerido por ROBERTO (2006). Durante a sessão de ET, a frequência dos pulsos adotada foi de aproximadamente 89 Hz, haja vista que ela pode ser considerada suficiente para estimular fibras do tipo II B (BAX et al., 2005; PIAZZI et al., 2004). A frequência do trem de pulsos foi estabelecida em 0,5 Hz. Assim, somente a intensidade foi modulada individualmente, pois alguns fatores como as diferenças na composição corporal, na espessura da pele e a hidratação podem aumentar a impedância da condução elétrica transcutânea. Para tanto, foi solicitado aos sujeitos que comunicassem quando a ET induzia ao valor “5” da escala de percepção subjetiva de dor apresentada por BORG (2000) (figura 1). A escolha dessa classificação para monitorar a intensidade da ET deve-se ao fato da dor excessiva induzir a uma ativação reflexa inibitória da atividade muscular (PIAZZI et al., 2004).

Figura 1. Escala de percepção subjetiva de dor (BORG, 2000).

0	Nada
0.5	Muito, muito fraco
1	Muito Fraco
2	Fraco (ligeiro)
3	Moderado
4	Um pouco forte
5	Forte
6	
7	Muito, Forte
8	
9	
10	

Para a mensuração da ativação neuromuscular foi utilizado o eletromiógrafo da marca *EMG System* do Brasil com quatro canais (modelo EMG800C), ao passo que o processamento do sinal foi conduzido mediante o software *AqData*. Nas duas

sessões experimentais, os eletrodos descartáveis (MediTrace 200) foram posicionados no mesmo local do quadríceps femoral, após assepsia local com álcool, seguindo as recomendações de DELAGI et al. (1981). O sinal obtido foi filtrado com uma banda entre 20-500 Hz e amplificado em 1000 vezes na situação de repouso e durante o SV.

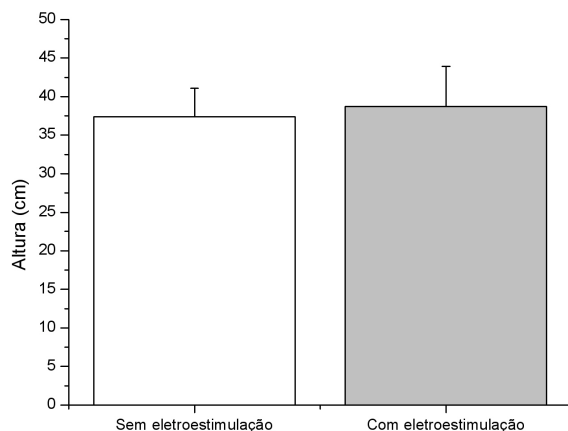
Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente mediante o programa SPSS (13.0) e expressos em médias e desvios padrão. O teste *t* de *Student* para dados pareados foi utilizado na comparação das variáveis nas situações com e sem a ET, bem como antes e durante o SV. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

As diferenças detectadas nas alturas dos saltos com e sem a ET não foram estatisticamente significativas ($p = 0,183$) (figura 2).

Figura 2. Altura do salto vertical sem e com a eletroestimulação transcutânea (n = 9)



O RMS da coxa direita durante o SV não foi diferente entre as duas situações, enquanto na perna esquerda foi significativamente maior após a ET ($p < 0,05$). Os valores do RMS em repouso de ambas as pernas foram estatisticamente menores quando comparados ao SV ($p < 0,05$). Contudo, não foi constatada diferença significativa do RMS em repouso nas situações com e sem ET ($p > 0,05$) (tabela 1).

Tabela 1. Valores do RMS nas situações controle e com a eletroestimulação transcutânea (n = 9).

	RMS com ET (μV)		RMS sem ET (μV)	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Repouso	4,38 \pm 1,9 [#]	4,59 \pm 2,0 [#]	3,90 \pm 1,0 [#]	3,71 \pm 1,1 [#]
SV	179,2 \pm 48,3	168,0 \pm 33,7*	147,7 \pm 43,2	135,4 \pm 38,0

* = estatisticamente diferente quando comparado sem eletroestimulação transcutânea (ET) ($p < 0,05$); [#] = estatisticamente diferente quando comparado durante o salto vertical (SV).

DISCUSSÃO

O principal achado desse estudo foi que, ao se utilizar de forma aguda, a ET não é capaz de aumentar a altura do salto vertical. Supostamente, a utilização de estratégias pré-tarefa é capaz de modificar momentaneamente os mecanismos fisiológicos responsáveis pela ação muscular. Entre essas tarefas, destacam-se o aquecimento ativo (BISHOP, 2004), a potencialização pós-ativação induzida pela contração muscular submáxima (REQUENA et al., 2005) e a ET de média frequência (REQUENA et al., 2005). Em relação à ET, a sua eficácia é atribuída, principalmente, à capacidade de modificar a ordem de recrutamentos das UMs, pois ao contrário da ação muscular voluntária, ela seria capaz de recrutar preferencialmente as fibras de contração rápida (PIAZZI et al., 2004).

Nesse sentido, era plausível suspeitar que a utilização da ET pudesse potencializar o desempenho em tarefas que exigissem uma elevada taxa da potência muscular, como por exemplo, o SV. Por outro lado, também poderia supor-se que o tempo de intervalo entre a ET e a execução do SV seria capaz de interferir nos resultados do presente estudo. Entretanto, ao verificarem a influência dessa variável sobre a potência gerada durante o supino imediatamente após a ET, REQUENA et al. (2005) constataram que não havia diferença significativa entre a situação controle quando comparada após cinco, oito e onze minutos de recuperação passiva. Assim, além de demonstrarem que o tempo de recuperação não modificava a potência externa gerada, esses pesquisadores demonstraram que a ET também não alterava a força motora de forma aguda.

As características dos protocolos de ET são outros potenciais fatores intervenientes na resposta da força motora, sobretudo pelo fato da quantidade de UMs recrutada ser dependente da amplitude da corrente elétrica empregada. Entretanto, é comum se observar à ativação reflexa inibitória neuromuscular quando a ET ultrapassa demasiadamente a tolerância a dor (PIAZZI et al., 2004). Logo, alguns trabalhos têm monitorado as sessões de ET mediante o limiar de desconforto reportado individualmente (GONDIN et al., 2005; REQUENA et al., 2005). Dessa forma, em nosso estudo procuramos ajustar a intensidade da sessão com ET através da percepção subjetiva de dor, a qual foi mensurada pela escala de 10 pontos proposta por BORG (2000).

Embora haja a possibilidade do sistema nervoso central receber informações sensoriais oriundas da passagem da corrente elétrica pelo músculo estriado esquelético e, conseqüentemente, aumentar o torque na contração voluntária máxima (PIAZZI et al., 2004), alguns trabalhos apontaram que o principal ajuste neural promovido pela ET ocorre principalmente no sistema nervoso periférico (BAX et al., 2005). Acredita-se que a ET estimula as terminações nervosas intramusculares e os receptores cutâneos, os quais aumentariam a taxa de desenvolvimento de força mediante a ativação do axônio motor e pelo recrutamento reflexo de outros motoneurônios, respectivamente (GONDIN et al., 2005). Porém, na presente investigação, o RMS em repouso não foi estatisticamente modificado após a intervenção com a corrente elétrica, ao passo que durante o SV o seu aumento ocorreu apenas na perna esquerda. Logo, esses resultados indicam que os ajustes neuromusculares agudos promovidos pela ET não são suficientes para aumentar a quantidade de UMs recrutadas e, conseqüentemente, a altura do SV.

Do ponto de vista crônico, algumas investigações reportaram a eficácia da ET quando utilizada com propósitos terapêuticos e esportivos (BAX et al., 2005; GRILLO e SIMÕES). No entanto, os resultados desses trabalhos não são concordantes. Por exemplo, BROCHERIE et al. (2005) e MAFFIULETTI et al. (2000) demonstraram que aplicação da ET aumentou significativamente a força motora de atletas de modalidades coletivas, ao passo que GRILLO e SIMÕES (2003) verificaram que o treinamento resistido (musculação) promoveu o maior ganho na força motora em mulheres sedentárias quando comparado a ET. Por sua vez, GORDIN et al. (2005) constataram que a ET foi capaz de modificar a força motora de sujeitos fisicamente ativos, sendo que nas quatro primeiras semanas ela ocorreu devido ao aumento da atividade neural (ativação muscular) e nas quatro semanas subseqüentes pela hipertrofia muscular (aumento do ângulo de penação das fibras). Adicionalmente, os dados

apresentados pelos estudos reunidos por BAX et al. (2005) indicam que a ET é mais apropriada que o treinamento físico para minimizar a perda de força muscular durante o período de imobilização, ao passo que para o desempenho esportivo a ação muscular voluntária é equivalente ou mais eficaz que a ET. Porém a comparação entre os estudos supracitados é de difícil realização, haja vista que o nível de experiência com o treinamento resistido (PIAZZI et al., 2004) e o protocolo adotado para a ET pode ter interferido nesses resultados (REQUENA et al., 2005).

Em resumo, embora os resultados do presente estudo indiquem que o regime de ET adotado é capaz de aumentar parcialmente a atividade neural periférica, esse ajuste agudo não é suficiente para potencializar a altura do SV. Logo, parece que a ET não pode ser considerada como uma estratégia pré-tarefa eficaz.

REFERÊNCIAS

- BAX, L.; STAES, F.; VERHAGEN, A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, v.35, n.3, p.191-212, 2005.
- BAWA, P. Neural control of motor output: can training change it? *Exercise and Sport Science Review*, v.30, n2, p.59-63, 2002.
- BISHOP, D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, v.33, n.6, p.439-54. 2003.
- BORG, G. Escalas de borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000.
- BROCHERIE, F.; BABAULT, N.; COMETTI, G.; MAFFIULETTI, N.A.; CHATARD, J.C. Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 37, n.3, p.455-60, 2005.
- DELAGI, E.F.; IAZZETI, J.; PEROTTO, A.; MORRISON, D. Anatomic guide for the electromyography. Springfield, Illinois: Charles C Thomas Publisher, 1981.
- GONDIN, J.; GUETTE, M.; BALLAY, Y.; MARTIN, A. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 37, n.8, p.1291-1299, 2005.
- GRILLO, D.E.; SIMÕES, A.C. Atividade Física Convencional (Musculação) e Aparelho Eletroestimulador: um estudo da contração muscular. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, v.2, n.2, p.31-43, 2003.
- MAFFIULETTI, N.A.; COMETTI, G.; AMIRIDIS, I.G.; MARTIN, A.; POUSSON, M.; CHATARD, J.C. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine*, v.21, n.6, p.437-43, 2000.
- MERLETTI, R.; RAINOLDI, A.; FARINA, D. Surface electromyography for noninvasive characterization of muscle. *Exercise and Sport Science Review*, 29, n.1, p.20-25, 2001.
- PIAZZI, A. F.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V. Mecanismos de adaptação ao treinamento com eletroestimulação transcutânea a altas e médias frequências. *Journal of Exercise and Sport Science*, v. 3, n. 3, p. 1-12, 2004.
- REQUENA, B.; ZABALA, M.; RIBAS, J.; ERELIN, J.; PAASUKE, M.; GONZALEZ-BADILLO, J.J. Effect of post-tetanic potentiation of pectoralis and triceps brachii muscles on bench press performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.19, n.3, p.622-7, 2005.
- ROBERTO, A. E. Eletroestimulação: o Exercício do Futuro. São Paulo, SP: Ed Phorte, 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o prof. Eduardo Rumenig pelas sugestões apresentadas durante a estruturação desse manuscrito.

Contatos

Pontifícia Universidade Estadual de Londrina
Fone: não fornecido pelo autor
Endereço: Rua: Charles Silver, n. 22 CEP: 05143-210 – Bairro Pirituba – SP – São Paulo
e-mail: daniel.mola@hotmail.com

Tramitação

Recebido em: 01/12/07
Aceito em: 13/03/08