

Estudo de caso

Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular sobre o stiffness do membro hipertônico

Effect of electrical stimulation on stiffness of spastic limb

Luciane Aparecida Pascucci Sande, D.Sc.*, Cyntia Rogean de Jesus Alves, M.Sc.*, Ismael Fatarelli, D.Sc.**,
Rafael Ferraz Marques, Ft.***, Andréia Regina Hernandez, Ft.***, Priscila Zimbardi de Almeida, Ft***

.....
*Professoras da Unaerp, **Unicamp, ***Fisioterapeutas, Unaerp

Resumo

O presente estudo analisou o stiffness dos membros inferiores de um hemiparético mediante aplicação de estimulação elétrica. Foi avaliado um indivíduo hemiparético de 39 anos e sexo masculino. A Escala de Ashworth Modificada (EAM) pontuou clinicamente a hipertonia e o aparelho isocinético Cybex Norm mensurou os torques dos membros inferiores. Utilizou-se um protocolo de 30 minutos de estimulação com um Endophasys R ajustado no limiar sensorial, frequência modulada de 2500Hz e frequência de pulso de 20Hz. A avaliação foi realizada antes e imediatamente após o protocolo. A EAM pontuou 3 tanto antes como após a intervenção. O teste isocinético detectou redução do *stiffness* após uso da corrente com destaque para os torques extensores na velocidade de 90°/s ($p < 0,005$). Estes resultados se assemelham àqueles obtidos em outros estudos, embora apresentem discrepâncias nas metodologias. A estimulação elétrica parece ser um potente adjuvante na reeducação de indivíduos com alterações no controle motor.

Palavras-chave: rigidez, espasticidade, hipertonia, estimulação elétrica transcutânea, acidente vascular cerebral.

Abstract

The study aimed to analyse stiffness of hemiparetic lower limb after electrical stimulation. Subjects: A hemiparetic with 39 years old, male was evaluated. It was used Modified Ashworth Scale (MAS) and flexor and extensor torques were measured by isokinetic apparatus Cybex. A 30 minutes electrical stimulation protocol was applied with the Endophasys -R apparatus. It was applied a current at sensory threshold, carry frequency 2500 Hz and stimulation frequency of 20 Hz. Evaluation procedures were made before and immediately after electrical stimulation.. Both MAS pointed 3 before and after stimulation. Isokinetics tests detected significant reduction in resistance after intervention, with prominence for extensor torques obtained in the higher velocity (90°/s) ($p < 0,005$) These data have similarities with other studies, although it presented discrepancies concerning methodologies. The results reinforce that electrical stimulation intervention is a potential adjuvant in reeducation for individuals with motor control alterations.

Key-words: stiffness; spasticity, transcutaneous electrical stimulation, stroke.

Introdução

Um dos vários sinais de lesão do motoneurônio superior é a espasticidade. Por este termo subentende-se o aumento da resistência à mobilização passiva rápida associado a hiperreflexia [1,2]. Tal resistência, também conhecida como *stiffness*, pode ser medida em Newton/metros ou Libras/ pés, e ser definida como a curva da relação comprimento – tensão. Sendo assim, há uma relação curvilínea entre comprimento muscular e tensão, ou seja, o *stiffness* de um músculo alongado passivamente aumenta em função de seu comprimento [3]. Considerando um movimento articular, a resistência

muscular à movimentação passiva em seres humanos pode ser caracterizada como a relação torque-ângulo.

Os pacientes com espasticidade apresentam músculos com maior *stiffness*, interferindo no uso funcional do segmento afetado e facilitando a instalação de deformidades musculoesqueléticas. Portanto, é de interesse da reabilitação que a espasticidade seja controlada. Para tanto, várias propostas de tratamento têm sido aventadas ao longo dos anos, embora atualmente se reconheça que a espasticidade não é o único fator limitante da funcionalidade. A paresia e perda da capacidade de fracionar movimentos determinam grande parte das deficiências motoras de indivíduos com lesão de motoneurônio superior [4-6].

Recebido em 10 de maio de 2006; aceito em 12 de janeiro de 2007.

Endereço para correspondência: Cyntia Rogean de J. Alves, Rua Aldo Focosi, 205/01, Presidente Médici 14091-310 Ribeirão Preto SP, E-mail: cynthiarogean@bol.com.br

Foram creditados tanto à estimulação neuromuscular (NMS), estimulação elétrica funcional (Fes) como também a estimulação elétrica transcutânea (Tens), efeitos facilitadores dos processos de recuperação da lesão de motoneurônio superior devido a condições aguda ou subagudas [7]. Tais efeitos correlacionavam-se com manutenção ou aumento do estado trófico dos músculos e com modificações no controle da postura, locomoção e movimentos finos. Um estudo recente de Lourenço *et al.* [8] obteve aumento na função da mão (escala Minnnesota de destreza manual) e na força isométrica dos extensores do punho e dedos de hemiparéticos tratados com 2 sessões semanais de FES, por no mínimo 6 meses. Chen *et al.* [9] estudaram o efeito da estimulação elétrica transcutânea sobre os tendões de músculos espásticos. Participaram do estudo 24 indivíduos hemiparéticos que foram divididos em 2 grupos, um controle e outro experimental. Esse último foi submetido a 1 mês de estimulação elétrica diária, por 20 minutos, 6 dias por semana. O grupo controle utilizava o mesmo aparelho, porém com 0 de intensidade. Medidas clínicas (Escala de Ashworth Modificada - EAM e teste de 10m de caminhada) e eletrofisiológicas (medida do reflexo H, sua latência e curva de recuperação) foram obtidas antes e após 1 mês de estimulação. Os achados sugerem que o protocolo foi efetivo na redução da hipertonia, inclusive aumentando a velocidade de marcha do grupo experimental. Gritsenko e Prochazka [10] também obtiveram resultados positivos utilizando a modalidade FES para a função de membros superiores em 6 hemiplégicos. A melhora obtida foi confirmada por análise cinemática.

Um efeito inibidor da espasticidade obtido com variados métodos de aplicação também é citado na literatura. Seib *et al.* [11] e Potisk *et al.* [12] descrevem a aplicação de estimulação elétrica cutânea sobre músculos espásticos de pacientes com trauma raquimedular ou lesão encefálica e relataram redução temporária da espasticidade.

Burrige e McLellan [13] investigaram o efeito do estimulador de pé caído sobre a espasticidade e concluíram que o paciente se beneficiava mais do uso de tal aparato quando os elementos neurais tinham maior interferência sobre a musculatura da panturrilha. Hipotetizaram que o resultado foi devido a inibição recíproca induzida eletricamente ao se estimular os dorsiflexores. Alfieri [14] também relatou diminuição da hipertonia muscular e melhora da coordenação da atividade agonista-antagonista, confirmados por eletromiografia (EMG) após estimulação elétrica medular. Armutlu *et al.* [15] utilizaram eletroestimulação para reduzir a espasticidade em 10 portadores de esclerose múltipla. O tratamento era diário e durou 4 semanas. Os resultados apontaram uma redução da hipertonia, confirmada em EMG e na escala de Ashworth, porém tal redução não modificou significativamente o desempenho dos pacientes na marcha.

Wang, Chan e Tsai [16,17] utilizaram um protocolo de estimulação transcutânea aplicado ao nível de T12-L1 em 10 pacientes acometidos por acidente vascular cerebral e verifica-

ram redução da espasticidade extensora do tornozelo e joelho. Os achados eletromiográficos foram altamente correlacionados à pontuação da escala de Ashworth modificada.

Outros relatos da literatura não corroboram com os achados dos estudos anteriormente citados. Dimitrijevic *et al.* [18] relatam aumento da espasticidade decorrentes da estimulação elétrica em lesados medulares. Uma publicação de Sonde *et al.* [19] testou a chamada estimulação elétrica transcutânea (Tens) com o intuito de reduzir a espasticidade. No entanto, nenhuma diferença na espasticidade foi relatada. Portanto, a eletroestimulação como recurso terapêutico para a redução da espasticidade ainda permanece controverso.

Caracterizada pelo aumento da chamada stiffness originária de componentes neurais e musculoesqueléticos, a espasticidade pode ser mensurada com variadas metodologias e graus de complexidade descritos na literatura [20-26].

A escala de Ashworth modificada [20] gradua a espasticidade de 0 a 5 e é amplamente utilizada, embora constitua uma medida clínica e subjetiva. Outras medidas utilizadas em laboratório também são citadas na literatura tais como o teste do pêndulo [21], testes eletrofisiológicos e testes de reflexos [20,22,23-25] e as medidas isocinéticas [26]. A relevância de tais mensurações está na necessidade de se investigar a real contribuição da espasticidade para os déficits na motricidade voluntária, bem como elaborar intervenções eficazes.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a eficácia da estimulação elétrica neuromuscular na redução da espasticidade através da medida isocinética do stiffness no membro espástico de um sujeito hemiparético.

Materiais e métodos

Foi selecionado para o estudo um indivíduo do sexo masculino, 39 anos, vítima de AVC há 4 anos e paciente de uma clínica-escola de fisioterapia da cidade de Ribeirão Preto/SP. Apresentava hemiparesia com espasticidade de leve a moderada (pontuação 3 na escala de Ashworth) e estava bastante adaptado em suas atividades de vida diária. Porém, uma de suas queixas referia-se a "rigidez" (espasticidade extensora) predominante em membro inferior esquerdo ao realizar a marcha.

O paciente foi submetido a duas avaliações subseqüentes com a escala de Ashworth e em um dinamômetro isocinético computadorizado (Cybex Norm) para mensuração da stiffness nos membros inferiores. O membro não-afetado (MID) foi utilizado como controle. Algumas medidas antropométricas (peso = 96 Kg, comprimento de cômulo femoral lateral até maléolo lateral E = 46cm, D = 46,2 cm) também foram feitas para auxiliar no cálculo dos torques. Para o tratamento foi utilizada uma corrente com frequência carreadora de 2500 Hz, frequência de estimulação de 20 Hz e intensidade ajustada para produzir uma estimulação sensorial [16]. O equipamento utilizado para a estimulação elétrica foi um aparelho Endophasy R.

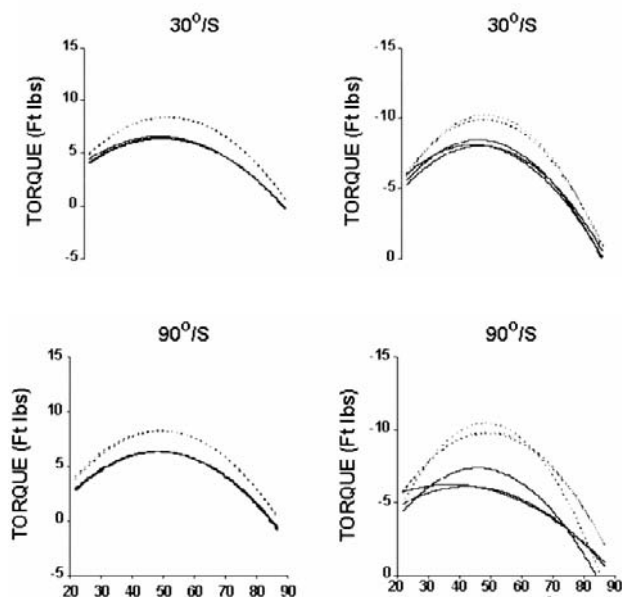
A avaliação inicial, constou da coleta dos dados antropométricos, a aplicação da escala de Ashworth e o teste no dinamômetro isocinético. A resistência ao movimento passivo (modo CPM) de flexão/extensão do joelho foi determinada nas velocidades angulares com incrementos de 1, 10, 30 e 90 °/s. Foram realizadas apenas 3 repetições em cada velocidade de teste, uma vez que um número maior delas poderia induzir a um relaxamento da musculatura espástica [27]. Os torques flexores e extensores (Ft/s) registrados nos joelhos em cada velocidade angular foram calculados. A seguir, o paciente recebeu a estimulação elétrica, de acordo com os parâmetros adaptados do estudo de Wang, Tsai e Chan [16], sobre a região paravertebral, no nível de T12 e L1 bilateralmente. A localização dos eletrodos justifica-se pela distribuição das raízes relacionadas à musculatura espástica. Foram utilizados dois eletrodos de superfície separados 5 cm, por um período de 45 minutos. Em seguida, o paciente foi reavaliado, utilizando a escala de Ashworth e o dinamômetro isocinético. A pontuação da escala de Ashworth e os torques registrados, medida indireta do stiffness nas variações angulares em cada velocidade foram comparados entre os membros e nas condições pré e pós- intervenção.

Resultados

A pontuação da escala de Ashworth antes e após a estimulação elétrica não sofreu variações [3], sugerindo manutenção da hipertonía no segmento afetado.

Os resultados das variações angulares dos joelhos na velocidade de 30° e 90° são exemplificados na Figura 1, considerando o torque flexor e o extensor antes e após a aplicação da corrente.

Figura I - Gráfico dos Torques (Ft/lbs) extensor e flexor do membro inferior esquerdo (afetado) e membro inferior direito (sadio) em função do ângulo articular do joelho, nas condições sem corrente (linha pontilhada) e com corrente (linha contínua), obtidos nas velocidades 30 e 90°/s.



A aplicação do teste T pareado comparou os valores do teste isocinético, considerando as diferenças entre os membros inferiores direito/ esquerdo e entre as situações pré e pós-intervenção.

Nota-se que em todas as situações de teste (pré e pós-estimulação elétrica), os torques do membro hipertônico (esquerdo), e portanto o 'stiffness', superam aqueles obtidos no membro sadio.

A Tabela I contém os valores da média e desvio-padrão dos torques aferidos antes da intervenção (estimulação elétrica). Observa-se que os torques atingem valores maiores no membro inferior afetado (E), sendo tal diferença estatisticamente significativa ($p < 0,005$). Este dado apenas confirma, mesmo que de forma indireta, que o stiffness do membro hipertônico é maior que do membro sadio.

Tabela I - Torques do membro inferior afetado (E) e sadio (D) antes da estimulação elétrica.

Membro afetado (E) Velocidades	Torque extensor		Torque flexor	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
1o.	-8.11	0.22	6.48	0.02
10°.	-7.78	0.01	6.86	0.01
30°.	-7.49	0.01	6.34	0.01
90°.	-7.33	0,08	6.00	0.03
Membro sadio (D)				
1o.	-6.27	0.65	2.85	1.17
10°.	-4.62	0.22	3.01	0.39
30°.	-0.44	0.87	2.49	0.19
90°.	-0.44	0.19	3.61	0.62

Nos torques obtidos após a estimulação elétrica (Tabela II), observou-se decréscimo nos valores do membro afetado, sendo este estatisticamente diferente daqueles obtidos na situação prévia à intervenção ($p < 0,005$). Vale ressaltar que a redução dos torques também ocorreu no membro inferior sadio, embora com menor intensidade.

Nota-se de modo geral que o torque e, portanto o stiffness é maior no membro hipertônico comparando com o membro sadio. Além disto, é nítido que a corrente exerceu um efeito positivo no sentido de reduzir o stiffness todas as velocidades. O efeito maior desta redução pode ser visto na velocidade de 90°/s, torque flexor.

Tabela II - Torques do membro inferior afetado (E) e sadio (D) após a estimulação elétrica.

Membro afetado (E) Velocidades	Torque extensor		Torque flexor	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
1o.	-6.64	0.11	4.86	0.03
10°.	-6.34	0.038	5.26	0.02
30°.	-6.14	0.083	4.74	0.06
90°.	-6.08	0.043	4.41	0.05
Membro sadio				
1o.	-4.44	-	1.23	0.07
10°.	-1.52	0.24	0.42	0.21
30°.	-1.22	0.59	0.29	0.02
90°.	-3.92	0.23	2.13	0.46

Outro dado obtido refere-se às velocidades testadas e sua correlação com os torques gerados (Tabela III). Quanto ao torque extensor, houve uma alta correlação entre este e a velocidade do membro afetado (MIE) pré-estimulação, ocorrendo um aumento diretamente proporcional. Merece destaque o fato desta correlação não ser detectada na avaliação pós-intervenção, dado sugestivo da mudança na resistência oferecida pela musculatura extensora do joelho antes da eletroestimulação. Já o torque flexor no membro inferior esquerdo manteve uma alta correlação com a velocidade tanto na situação pré quanto na pós-intervenção. Como hipotetizado anteriormente, este resultado sugere que não houve alteração considerável no stiffness flexor, uma vez que esta musculatura não apresentava considerável hipertonía. Tal correlação é negativa, pois o torque flexor é gerado pelos antagonistas aos músculos espásticos.

Tabela III - Valores de *r* (correlação) para os torques extensor e flexor, pré e pós eletroestimulação dos membros inferiores sadio (MID) e afetado (MIE).

	r Pré-estimulação		r Pós-estimulação	
	MID	MIE	MID	MIE
Torques extensor	0.25	0.76	-0.004	-0.11
flexor	0.40	-0.85	0.72	-0.83

Discussão

Este estudo de caso reproduziu os achados da literatura acerca das alterações previstas na avaliação isocinética de um segmento espástico. Além disso, notou-se que a estimulação elétrica na região tóraco-lombar foi efetiva na redução temporária da espasticidade e, portanto do stiffness nos músculos da coxa. Vale ressaltar que tal redução foi detectada mesmo se tratando de apenas uma sessão de eletroestimulação. Hipotetiza-se que um efeito ampliado poderia ocorrer caso o protocolo de eletroestimulação fosse extenso. O protocolo de Wang, Tsai e Chan [17], no qual nosso estudo se baseou, alcançou redução da hipertonía em 9 dos 10 sujeitos estudados utilizando 5 sessões.

O fato de não ter existido mudança nos resultados da escala de Ashworth não significa que a hipertonía não tenha reduzido, mas que uma medida clínica e subjetiva pode não detectar alterações mais sutis [28]. Soma-se a isto a condição de paresia do paciente avaliado, fato este que nos possibilita cogitar a interferência da contração voluntária e dificuldades em relaxar no momento de avaliação clínica. Devido ao caráter do estudo, é relevante considerar uma melhor movimentação ativa do joelho relatada pelo paciente logo após a eletroestimulação, embora este seja um dado subjetivo. Já o resultado obtido no dinamômetro isocinético constitui uma medida mais objetiva dos efeitos do protocolo aplicado.

O uso da estimulação elétrica na redução da espasticidade ainda é um assunto controverso, pois não se conhece o mecanismo preciso de sua ação. Os efeitos são difíceis de

determinar e os parâmetros de estimulação variam consideravelmente de um estudo para outro. Num estudo recente, van der Salm *et al.* [29] testaram intervenções envolvendo eletroestimulação do dermatomo do tríceps sural, do agonista e antagonista ao músculo espástico e a situação placebo. Os resultados sugerem que a estimulação do antagonista ao espástico foi mais eficaz para reduzir a hipertonía. Porém, já na década de 80, alguns autores relataram diminuição do que eles denominam de “tônus” em pacientes hemiparéticos e atualmente o tema tem sido objeto de estudo novamente. Wang, Tsai e Chan [17] exploraram os efeitos da estimulação de média frequência, com eletrodos de superfície sobre a região tóracolombar de hemiparéticos espásticos. Estes autores encontraram uma redução considerável do torque isocinético passivo (modo CPM) após cinco sessões de tratamento, além de observarem uma correlação positiva entre estes torques e os resultados da escala de Ashworth. No entanto, o torque do movimento ativo permaneceu inalterado. Para entender este achado, poderiam ser considerados os dados de Tate e Damiano [30] que ressaltam as diferenças encontradas nos torques isotônicos e isométricos de portadores de espasticidade, alertando que nesta população as relações torque-atividade eletromiográfica não são lineares. No presente estudo de caso, no entanto, os torques isotônicos não foram mensurados, não permitindo então qualquer confronto com a literatura.

O presente estudo, utilizando metodologia similar à de Wang, Tsai e Chan [17], buscou inserir outras variáveis: 1) velocidades de teste isocinético menores (1 e 10°/s) também foram utilizadas; 2) o membro inferior sadio também foi estudado; 3) tanto o torque flexor quanto o extensor foram medidos e, 4) foram considerados os efeitos imediatos da corrente. O uso de velocidades de teste menores foi útil para confirmar sua incapacidade de detectar a hipertonía. Incluir o membro sadio na avaliação parece ser uma alternativa interessante para comparação. Os resultados dos torques isocinéticos se aproximam aos achados de Wang, Tsai e Chan [17], embora os valores da escala de Ashworth não mostraram alteração.

Conclusão

Sugestões para futuros trabalhos nesta vertente incluem a replicação do estudo com uma amostra considerável, a inclusão de medidas funcionais, sejam para a marcha ou alcance/preensão, medidas estas não aplicadas neste estudo de caso por se tratar de um paciente já adaptado. Efeitos a longo prazo do protocolo proposto ainda permanecem inexplorados e também constituem uma lacuna a ser preenchida.

De modo diferente de outras intervenções, como a eletroestimulação percutânea, o bloqueio nervoso ou o uso de drogas anti-espásticas, não existem relatos de que o procedimento utilizado no presente estudo tenha gerado efeitos deletérios. Apesar de suas potencialidades, tal recurso tem sido pouco utilizado na prática clínica.

Referências

1. Brust JC. A prática da neurociência. Rio de Janeiro: Reichmann & Afonso; 2000. 43p.
2. Lundy-Ekman L. Neurociência: Fundamentos para a Reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. p.143-4.
3. Enoka RM. Neuromechanical basis of kinesiology. Champaign: Human Kinetics; 1988.
4. Dobkin BH. Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurol* 2004;3(9):528-36.
5. Lieber R, Einarsson F, Friden J. Inferior mechanical properties of spastic muscle bundles due to hypertrophic but compromised extracellular matrix material. *Muscle Nerve* 2003;28:464-71.
6. Fellows S, Kaus C, Thilman AF et al. Voluntary movement at the elbow in spastic hemiparesis. *Ann Neurol* 1994;36(3):397-407.
7. Baker L. Clinical uses of neuromuscular electrical stimulation. In: Nelson RM, Currier DP. *Clinical electrotherapy*. Norwalk: Appleton & Lange; 1991. p.143-70.
8. Lourenço MI, Battistella LR, Martins LC, Litvoc J. Analysis of the results of functional electrical stimulation on hemiplegic patients' upper extremities using the Minnesota manual dexterity test. *Int J Rehabil Res* 2005;28(1):25-31.
9. Chen SC, Chen YL, Chen CJ, Lai CH, Chiang WH, Chen WL. Effects of surface electrical stimulation on the muscle-tendon junction of spastic gastrocnemius in stroke patients. *Disabil Rehabil* 2005;27(3):105-10.
10. Gritsenko V, Prochazka A. functional electric stimulation-assisted exercise therapy system for hemiplegic hand function. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(6):881-5.
11. Seib TP, Price R, Reyes MR, Lehmann JF. The quantitative measurement of spasticity: Effect of cutaneous electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(7):746-50.
12. Potisk KP, Gregoric M, Vodovnik L. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on spasticity in patients with hemiplegia. *Scand J Rehabil Med* 1995;27(3):169-74.
13. Burridge JH, McLellan DL. Relation between abnormal patterns of muscle activation and response to common peroneal nerve stimulation in hemiplegia. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 2000;69:353-61.
14. Alfieri V. Electrical treatment of spasticity. Reflex tonic activity in hemiplegic patients and selected specific electrostimulation. *Scand J Rehabil Med*.1982; 14(4):177-82.
15. Armutlu K, Meric A, Kirdi N, Yakut E, Karabudak R The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in multiple sclerosis patients: a pilot study. *Neurorehabil. Neural Repair* 2003;17(2):79-82.
16. Wang RY, Chan RC, Tsai MW. Effects of surface spinal cord stimulation on spasticity and quantitative assessment of muscle tone in hemiplegic patients *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77(4):282-87.
17. Wang RY, Chan RC, Tsai MW. Effects of thoraco-lumbar electric sensory stimulation on knee extensor spasticity of persons who survived cerebrovascular accident (CVA). *J Rehabil Res Dev* 2000;37(1):73-80.
18. Dimitrijevic M., Nakaajima K, Shakey P, Sherwood A. Spinal cord injury stimulation for the control of spasticity in patients with chronic spinal cord injury. II neurophysiology observations. *CNS trauma* 1986;3:145-52.
19. Sonde L, Gip C, Fernaeus SE, Nilsson CG, Viitanen M. Stimulation with low frequency (1.7 Hz) transcutaneous electric nerve stimulation (low-tens) increases motor function of the post-stroke paretic arm. *Scand J Rehabil Med* 1998;30:95-9.
20. Katz RT, Roval GP, Brait C, Rymer WZ. Objective quantification of spastic hypertonia: Correlation with clinical findings. *Arch Phys Med Rehabil* 1992;73:339-47.
21. Bohannon RW, Smith N. Inter-rater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987;67(2):206-7.
22. Boorman GI, Becker WJ, Lee RG. Impaired 'natural' reciprocal inhibition in patients with spinal spasticity. *Abstr Soc Neurosci* 1992;18:1408.
23. Milanov I. A comparative study of methods for estimation of presynaptic inhibition. *J Neurol* 1992;239:287-92.
24. Levin ME, Hui-Chan C. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity? *J Neurol* 1993;240:63-71.
25. Wolf SL, Segal RL, Catlin PA., Tschorn J, Raleigh T, Kontos H, Pate P. Determining consistency of elbow joint threshold angle in elbow flexor muscles with spastic hypertonia. *Phys Ther* 1996;76:586-600.
26. Seib TP, Price R, Reyes MR, Lehmann JF. The quantitative measurement of spasticity: effect of cutaneous electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(7):746-50.
27. Nuyens GE, Weerd WJ, Spaepen Junior AJ, Kiekens C, Feys HM. Reduction of spastic hypertonia during repeated passive knee movements in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(7):930-35.
28. Blackburn M, van Vliet P, Mockett SP. Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke. *Phys Ther* 2002;82(1):25-34.
29. van der Salm A, Veltink PH, IJzerman MJ, Groothuis-Oudshoorn KC, Nene AV, Hermens HJ. Comparison of electric stimulation methods for reduction of triceps surae spasticity in spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87(2):222-8.
30. Tate OJ, Damiano DL. Torque-EMG relationships in normal and spastic muscles. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2002;42(6):347-57.