

Sistema de Propriocepção Artificial Visando a Reabilitação Sensorial de Pacientes Lesados Medulares

Maria Claudia F. Castro; Peterson V. Moreira; Henrique M. L. Carvalho & Alberto Cliquet Jr.

Departamento de Engenharia Biomédica - FEEC / UNICAMP

Caixa Postal 6040 - CEP 13081-970 - Campinas - SP

E-mail: mclaudia@deb.fee.unicamp.br

Resumo - O sistema aqui proposto compõe-se de um estimulador eletrotátil baseado no fenômeno Phi Tátil, visando sua aplicação como um sistema de propriocepção artificial para pacientes lesados medulares. A fase de balanço no caso da marcha e a força de preensão durante a manipulação de objetos foram codificadas através de uma imagem composta em movimento evocada na região do ombro.

Abstract - This work presents a Tactile Phi Phenomenon based electrotactile stimulator as an artificial proprioception system for spinal cord injured patients. The balance phase of gait and grasp force during object preension were coded by means of a moving fused image evoked on shouder area.

(Palavras-chave: propriocepção artificial, estimulação eletrotátil, sensação fantasma, realimentação sensorial)

Introdução

A Estimulação Elétrica Neuromuscular tem-se mostrado como um método eficiente na restauração de movimentos de membros paralisados. Contudo, as lesões medulares não afetam somente as funções motoras mas também as funções sensoriais, interrompendo o fluxo de informações proprioceptivas dos membros lesados. Nestes casos, as informações visuais passam a ser o elo de realimentação sensorial a cerca do movimento realizado artificialmente.

Contudo, a sensação tátil, devidamente codificada, pode servir como um canal de entrada sensorial, alternativo ou suplementar, para amplificar ou substituir as informações providas por outros sentidos, liberando-os para outras atividades. Neste contexto, tanto a estimulação mecânica quanto a elétrica têm sido testadas nos chamados *displays* tácteis e diferentes códigos de informação propostos, visando principalmente a reabilitação visual e auditiva¹.

Quando dois estímulos elétricos são aplicados na pele simultaneamente e em locais adjacentes eles são percebidos como uma sensação única em uma região intermediária, denominada sensação fantasma. Estendendo esse conceito é possível a evocação de uma imagem composta em movimento, entre dois ou mais pares de eletrodos, colocados próximos, quando a intensidade dos estímulos variam de forma complementar². Essa imagem, decorrente do Fenômeno Phi Tátil, aparece então, como um método promissor em aplicações que envolvam realimentação sensorial.

Metodologia

O sistema proposto compõe-se de um estimulador de tensão baseado no Fenômeno Phi Tátil comandado por um *Notebook* dotado de cartões PCMCIA com conversores A/D e D/A.

O estimulador possui três canais de saída independentes. O sinal consiste em pulsos com largura e frequência fixas (100 μ s, 100 Hz respectivamente) modulados em amplitude por um sinal de envoltória elíptica com frequência de 1 Hz. Para a evocação da imagem composta em movimento é necessário uma defasagem de 180° entre canais adjacentes³. A amplitude relativa dos sinais bem como o fator de modulação aplicado são variáveis e definidos no início da aplicação.

O sistema possui entradas para sensores que serão utilizados como elos de realimentação. Para a reabilitação de membros inferiores, propõe-se a codificação da fase de balanço da marcha, de tal forma que quando o pé do paciente deixa o solo uma imagem composta é evocada na região de seu ombro. Dessa maneira, o paciente não teria a necessidade de ficar olhando para os seus pés. Para tanto, utilizou-se uma palmilha instrumentalizada⁴. A resposta dos sensores é comparada com um limiar pré estabelecido, liberando ou não o sinal de estimulação sensorial. No caso de membros superiores, a força de preensão é um parâmetro importante para o controle do movimento. Para essa aplicação utilizou-se uma luva instrumentalizada⁴. Nesse caso, a resposta dos sensores é digitalizada definindo a amplitude relativa do sinal de cada um dos canais.

Os experimentos foram realizados em voluntários normais para se verificar a eficácia e viabilidade de aplicação do sistema. Na primeira fase foi realizado um estudo com relação à variação dos parâmetros: fator de modulação e amplitude, afim de se avaliar as diferentes sensações e/ou imagens geradas. A seguir efetuou-se a aplicação da realimentação sensorial propriamente dita. Nesta etapa a informação sensorial foi codificada baseando-se nos resultados obtidos na primeira fase. Todos os experimentos foram realizados mediante utilização de 3 pares de eletrodos de ECG (adulto), posicionados na região do ombro a uma distância de 5,5 cm entre eles. O ombro foi a região selecionada uma vez que a maioria dos pacientes lesados medulares (a partir de C5) mantém a sensibilidade preservada nesta região.

Resultados

O procedimento de pesquisa de parâmetros foi iniciado mantendo-se o fator de modulação fixo em 100% e processando-se o aumento gradativo da amplitude dos sinais. A percepção dos voluntários iniciou com pontos localizados. Com o aumento da intensidade do estímulo as sensações pontuais fundiram-se em uma reta iniciando o movimento aparente. Atingindo-se uma certa amplitude, variável entre os voluntários, a percepção passou a ser a de uma elipse, que podia aumentar de tamanho com o aumento da intensidade do estímulo. Todos os voluntários referiram-se a sensação de pressão movendo-se sobre a pele desenhando a elipse. Com o aumento da amplitude a pressão sentida tornava-se mais profunda, passando a uma sensação desconfortável até atingir o chamado limiar de dor. Mantendo-se a amplitude dos sinais constante, em um valor descrito pelos voluntários como sendo de sensação ótima promoveu-se a variação do fator de modulação. A medida que se diminui o fator de modulação a carga aplicada aumenta. As sensações foram descritas de maneira semelhante as verificadas anteriormente. A seguir, os parâmetros foram alterados de maneira desigual entre os canais. Os voluntários relataram desde a interrupção da elipse, na região correspondente ao canal cujo estímulo atingiu níveis sub-limiares até uma pressão maior na região correspondente ao canal de maior intensidade.

Estes resultados direcionaram a fase de codificação das informações transmitidas pela palmilha e pela luva. No primeiro caso foram selecionados os parâmetros responsáveis pela melhor sensação descrita (fator de modulação em 100% e amplitude igual nos três canais variando ligeiramente entre os voluntários). Os sinais de estimulação eram então liberados de acordo com a posição dos pés durante a marcha. A sensação iniciava logo no início da fase de balanço, quando o

pé deixava o solo e cessava quando o calcanhar tocava o chão. Neste caso, como a codificação proposta baseava-se apenas na fase de balanço, uma informação do tipo on/off era transmitida através de uma única imagem. Diferentemente, a codificação da força de preensão baseou-se na variação da intensidade do estímulo de cada canal a partir da resposta individual de cada um dos sensores da luva (fator de modulação constante em 100% e amplitude variando na faixa de sensação ótima). Os voluntários relataram a possibilidade de perceber qual o dedo que exercia a maior força e uma interrupção do traçado da elipse quando um dos dedos deixava de exercer força contra o objeto.

Discussão e Conclusões

Os resultados obtidos na primeira fase estão de acordo com os descritos na literatura consultada³. O sistema desenvolvido possibilitou a obtenção da imagem composta em movimento e variações de intensidade de sensação e tamanho da imagem evocada em função dos parâmetros utilizados. Além disto, a codificação da informação sensorial mostrou ser de fácil interpretação e fiel ao movimento o qual estava descrevendo. Baseado nos resultados apresentados pode-se então dizer que o método utilizado é eficiente quanto ao fornecimento de realimentação sensorial sendo viável a sua aplicação em sistemas de reabilitação de lesados medulares.

Referências Bibliográficas

- ¹ KACZMAREK, K. A.; WEBSTER, J. G.; BACH-Y-RITA, P.; TOMPKINS, W. J. (1991). "Electrotactile and Vibrotactile Displays for Sensory Substitution Systems", IEEE Trans. Biom. Eng., v.38(1), p. 1-16.
- ² ALLES, D. S. (1970). "Information Transmission by Phantom Sensations", IEEE Trans. Man-Mach. Sys., v.11(1), p. 85-91.
- ³ NOHAMA, P.; LOPES, A. M. V. A. and CLIQUET JR. A. (1997). "A 3-Channel Microcomputer Controlled PAM Electrotactile Stimulator for Sensory Communication", Proc. IEEE Int. Conf. Sys. Man Cyb., Canadá, p.1011-1015.
- ⁵ CASTRO, M. C. F. & CLIQUET JR. A. (1997). "Investigation of sensors for sensory feedback in Neuromuscular Electrical Stimulation Systems", Biol. Eng. & Comp., v.35(suppl. part I), p. 315, France.

Agradecimentos: CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro.