

# Preensão Artificial em Tetraplégicos e sua Avaliação

Maria Claudia F. Castro & 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** - Este trabalho apresenta o uso da Estimulação Elétrica Neuromuscular (NMES) na restauração da função da mão em lesados medulares. Uma sequência de ativação muscular para preensão cilíndrica é definida e a avaliação em tempo real da força de preensão é realizada com o uso de uma luva instrumentalizada.

**Abstract** - This work presents the use of Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) towards restoring hand function in spinal cord injured patients. Muscle activation sequence for cylindrical grasp were defined and on-line checking on grasp force were performed by using an instrumented glove.

(Palavras-chave: Estimulação Elétrica Neuromuscular, tetraplégicos, força de preensão, sensores)

## Introdução

A função mais importante dos membros superiores está relacionada a preensão e manipulação de objetos para desempenhar as atividades do dia a dia. Em pacientes lesados medulares a comunicação entre centros supraespinhais e os músculos abaixo do nível de lesão está interrompida, resultando em severa paralisia dos membros afetados. A Estimulação Elétrica Neuromuscular tem se mostrado como um método eficiente e promissor na restauração de movimentos de membros paralisados, desde que a inervação periférica esteja intacta<sup>1</sup>. Por outro lado, para o controle efetivo do movimento o sistema deve regular a atividade muscular sob diferentes condições de comprimento, carga e fadiga. Com esse propósito a avaliação em tempo real do movimento obtido artificialmente é necessária. Esse trabalho apresenta uma aplicação da Estimulação Elétrica Neuromuscular na reabilitação de membros superiores e introduz um método para a avaliação em tempo real da variação da força de preensão durante a manipulação de objetos.

## Metodologia

O sistema utilizado compõe-se de um estimulador de tensão de oito canais controlado por um *notebook* dotado de cartões PCMCIA com conversores D/A e A/D que desempenham as funções de geração do sinal de estimulação e aquisição de dados da força de preensão. O sistema é muito versátil a medida que permite alteração dos parâmetros de estimulação (largura de pulso, amplitude, frequência, número de pulsos por *burst*) e da sequência temporal de ativação muscular. Para

a aplicação foram utilizados *bursts* com três pulsos de 100µs, frequência de repetição de 20Hz. A amplitude foi ajustada individualmente para cada músculo no início da aplicação e foi mantida constante.

O voluntário que realizou os testes apresenta lesão medular aos níveis C5-C6. Mantém preservada a função do ombro e cotovelo e um certo nível de extensão de punho residual.

A seleção da musculatura utilizada baseou-se em estudos cinesiológicos e de viabilidade de estimulação a partir de eletrodos de superfície, resultando nos seguintes grupos: Extensor Radial do Carpo (ECR), Extensor Comum dos Dedos (EDC), Flexor Superficial dos Dedos (FDS), Lumbricais (L), Abdutor Curto do Polegar (AbPB) e Oponente do Polegar (OpP).

Uma sequência tempo-espacial foi definida para desempenhar a preensão cilíndrica que é muito comum nas atividades do dia a dia. O movimento foi dividido em sub-fases (abertura, posicionamento, preensão e liberação) para possibilitar a coordenação do movimento.

Tabela 1 - Sequência tempo-espacial para preensão cilíndrica.

Músculos	F1	F2	F3	F4
ECR	X	X	X	X
EDC	X			X
FDS			X	
L		X	X	
AbPB	X	X	X	X
OpP			X	
Tempo(s)	2.0	1.0	5	2.0

Para a avaliação da força de preensão durante a manipulação do objeto cilíndrico foi utilizada uma segunda versão da Luva Instrumentalizada<sup>2</sup>. A

posição dos sensores teve que ser alterada para se ajustar ao movimento exercido artificialmente. Foram utilizados FSRs (*Force Sensing Resistors*) posicionados na região palmar da falange medial dos dedos indicador e médio e na face lateral interna da falange distal do polegar. Esse posicionamento garante a eficácia do sistema para vários diâmetros de objeto. Os dados foram digitalizados e apresentados graficamente.

## Resultados

A sequência proposta permitiu ao paciente demonstrar sua habilidade em pegar, manipular e liberar os objetos apresentados (cilindros de diferentes pesos e diâmetros). As sub-fases definidas possibilitaram um movimento suave e correto posicionamento para a preensão do objeto. O objeto manteve-se firme e estável na mão do voluntário durante a manipulação (Figura 1).

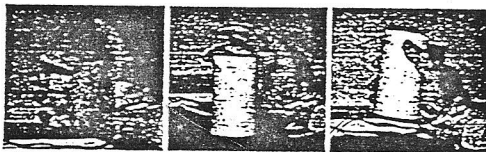


Figura 1 - Preensão cilíndrica - sub-fases: abertura, posicionamento e preensão.

Após o ajuste da amplitude de estimulação de cada um dos seis canais utilizados e da obtenção de um movimento estável foi iniciada a segunda etapa da aplicação com a utilização do sistema de realimentação de força de preensão. As curvas obtidas (Figura 2) apresentam-se estáveis, sem oscilações durante a preensão. O valor máximo da força exercida variou levemente de uma aquisição para outra em função de diferenças nas respostas musculares ao longo dos testes.

O padrão de força verificado é diferente do obtido anteriormente com sujeitos normais<sup>2</sup>. Por outro lado, o padrão obtido é dependente da amplitude do sinal definido para cada um dos canais, e pode variar quando a amplitude dos sinais é alterada. Com o sistema utilizado não conseguiu-se uma graduação fina na força aplicada. Um sistema que apresente modulação digital da amplitude do sinal de estimulação será mais adequado para a aplicação proposta.

Após 60 minutos de sessão, promoveu-se o aumento do tempo da fase de preensão para se verificar a manutenção ou não da força. Os dados obtidos mostraram que não houve nenhuma alteração no padrão de força exercida durante a manipulação do objeto em função do aumento do tempo de preensão.

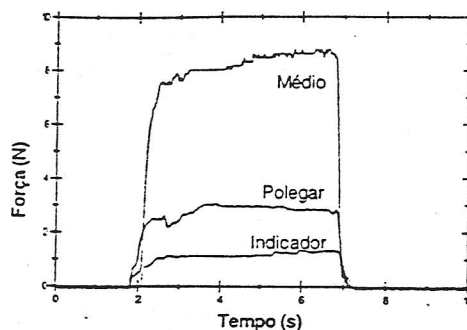


Figura 2 - Força de Preensão.

## Discussão e Conclusões

A sequência proposta viabilizou a preensão de objetos cilíndricos de diferentes tamanhos, além de possibilitar um movimento suave. A Luva Instrumentalizada mostrou-se versátil para a aplicação de preensão cilíndrica mas para outros padrões de preensão como por exemplo a preensão lateral novos sensores deverão ser adicionados a fim de se cobrir a região de contato com o objeto, possibilitando assim a avaliação da força exercida. Com relação a variação da força máxima ao longo dos testes a mesma se deve a alterações na resposta muscular, fadiga e espasticidade.

Atualmente os esforços estão direcionados ao desenvolvimento de sistemas em malha fechada, os quais conferem maior autonomia ao paciente além de possibilitar a regulação automática dos movimentos. Para este propósito a Luva Instrumentalizada conferiu uma fiel representação da força de preensão podendo portanto ser utilizada como elo de realimentação para sistemas de controle.

## Referências Bibliográficas

- KILGORE, K. L.; PECKHAM, P.H.; THROPE, G. B.; KEITH M. W. (1989). "Synthesis of Hand Grasp Using Functional Neuromuscular Stimulation", *IEEE Trans. Biom. Eng.*, v.36(7), p. 761-770.
- CASTRO, M. C. F. & CLIQUET JR. A. (1997). "A Low Cost Instrumented Glove for Monitoring Forces During Object Manipulation", *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, v. 5(2), p. 140-147.

Agradecimentos: CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro.