

**1. Workshop  
Automatisierungstechnische  
Verfahren für die Medizin vom  
21.-22. November 1997 in  
München**



**„EMG geregelte Neuroprothese zum Greifen“**

T. Keller, M. Popovic, M. Morari, V. Dietz  
Schweizerisches Paraplegiker Zentrum, Universitätsklinik Balgrist, Zürich, Schweiz

Institut für Automatik, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz

## EMG GEREGLTE NEUROPROTHESE ZUM GREIFEN

T. Keller, M. Popovic, M. Morari, V. Dietz

Schweizerisches Paraplegiker Zentrum, Universitätsklinik Balgrist, Zürich, Schweiz.

Institut für Automatik, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz.

### ZUSAMMENFASSUNG

Zur Wiederherstellung der Greiffunktion wurde ein vierkanaliges System für funktionelle Elektrostimulation (FES) entwickelt und an einem C4 Tetraplegiker getestet. Die Neuroprothese wird mit Hilfe des Elektromyogramms (EMG) des kontralateralen Deltoid Muskels gesteuert.

Die Vorteile des Systems sind:

1) Wiederherstellung der verlorengegangenen Greiffunktion; 2) natürliche und leicht erlernbare Steuerung des Handöffnens und -schliessens; 3) stufenloses Einstellen der Greiffkraft; 4) Nutzung der Vorteile des "Regelsystems Mensch" und 5) einfache Implementierungsmöglichkeit in ein Microcontroller System.

Funktionale Tests haben gezeigt, dass das System die Selbständigkeit des Anwenders erhöht. Limitierend ist nicht die Ermüdung der stimulierten Fingerextensoren und -flexoren, sondern die rasche Ermüdung der willkürlich kontrollierten Oberarmmuskel.

Für komplette C4 bis C6 Tetraplegiker bietet eine EMG geregelte Neuroprothese mehr Funktionalität und Selbstständigkeit, was eine Akzeptanz bei den Anwendern erwarten lässt.

### EINLEITUNG

Die Verbesserung der Greiffunktion stellt in der Rehabilitation von Tetraplegikern ein Hauptschwergewicht dar. Die meist benutzte Technik um das Greifen bei C5 to C7 Tetraplegiker zu ermöglichen, ist die Ausnutzung des Tenodesiseffekts. Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung der FES. Es sind bereits einige Systeme auf dem Markt, welche die FES zum Greifen nutzen. Die meisten Systeme benutzen Schulterpositionsmessung[1] oder Handgelenkwinkelmessung[2] zur Steuerung des Greifens oder sie werden über Druckknöpfe[3] gesteuert.

Ein System, welches mit Hilfe der EMG Aktivität von zwei unabhängigen, willkürlich kontrahierbaren Muskeln das Greifen steuert, wird hier vorgestellt. Dieses System ermöglicht vollständig gelähmten C4 und C5 Tetraplegiker, welche keine willkürliche Handgelenksfunktion mehr haben, das Greifen.

### METHODEN

Die Neuroprothese besteht aus drei Hauptbestandteilen: 1) der EMG Verstärker- und der Datenverarbeitungseinheit, 2) der in LabVIEW® programmierten Regelungssoftware und 3) dem FES Gerät mit Oberflächenelektroden.

In einem ersten Ansatz wurde das kommerziell erhältliche Myolab II® System von Motion Control zur Messung der EMG Aktivität verwendet. Für jeden gemessenen Muskel wurden drei vorgelierte Niko® Messoberflächenelektroden auf dem ventralen und dorsalen Muskelbauch des kontralateralen Deltoid Muskels fixiert. Die tetraplegische Testperson wurde angewiesen die beiden Muskel unabhängig voneinander zu aktivieren und erreichte nach kurzem Training eine gute Selektivität. Mehr ventrale Aktivität des Deltoid Muskels resultierte in einer Finger Extension und mehr dorsale Muskelaktivität aktivierte Finger- und Daumenflexoren. Stellgröße für die Stimulationsintensität war die Pulsbreite. Sie wurde proportional zur gemessenen und verarbeiteten Muskelaktivität von 0 bis 300  $\mu$ s geregelt. Die Stimulationsamplitude konnte für jeden Muskel individuell zwischen 0 und 120 mA eingestellt werden und die Stimulationsfrequenz zwischen 20 und 50 Hz.

Für die Muskelstimulation wurden selbstklebende Pals® Elektroden verwendet. Das beschriebene System wird nun als portable, mikroprozessorgesteuerte Version gebaut (Fig. 1).

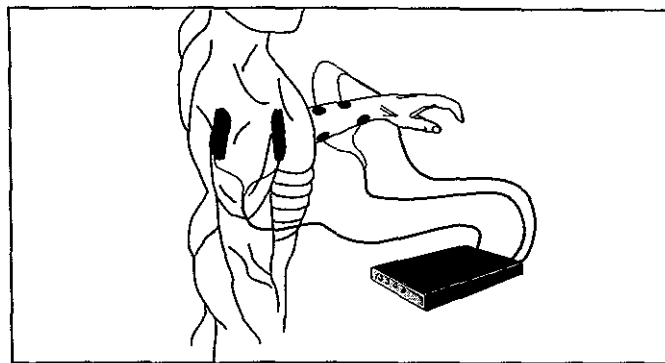


Fig. 1: Portable, mikrocomputergeregelte FES Neuroprothese zum Greifen

### RESULTATE

Nach einer zweiwöchigen Trainingsphase konnte die tetraplegische Testperson die beiden Teilmuskeln des Deltoid selektiv aktivieren, dies auch während Armbewegungen in der transversalen Ebene.

Um die richtigen Elektrodenpositionen der Stimulations-elektroden zu finden und um die Muskeln aufzutrainieren, wurden vier Wochen benötigt. Wegen einigen intakten empfindlichen afferenten Nerven musste ein Kompromiss zwischen der höchsten Muskelkraft und dem Schmerzempfinden gefunden werden.

Mit der Greifneuroprothese konnten folgende Fertigkeiten ausgeführt werden: 1) den Telefonhörer abheben, eine Rufnummer wählen, telefonieren und den Hörer auflegen, 2) 3dl Flüssigkeit aus einer Flasche in ein Glas eingiessen und trinken, 3) einen Apfel greifen und essen und 4) einen Schreibstift greifen und schreiben.

Es bleibt zu erwähnen, dass eine Verbesserung in Funktionalität zu erwarten ist, da die Testperson nur zweimal zwei Stunden wöchentlich trainieren konnte. Mit einer portablen Version der Greifneuroprothese und dem daraus folgenden Mehrgebrauch, sind besser trainierte proximale Armmuskeln zu erwarten, was zu einer besseren Funktionalität führt.

### REFERENZEN

- [1] Buckett JR, Peckham HP, Thrope GB, Braswell SD, Keith MW, "A flexible, portable system for neuromuscular stimulation in the paralyzed upper extremities", IEEE Trans Biomed Eng 1988;BME-35:897-904
- [2] Prochazka A, Gauthier M, Wieler M, Kenwell Z, "The bionic glove: a electrical garment that provides controlled grasp and hand opening in quadriplegia", Arch Phys Med Rehabil 1997;78:001-007
- [3] Nathan RH, Ohry A, "Upper limb functions regained in quadriplegia: a hybrid computerized neuromuscular stimulation system", Arch Phys Med Rehabil 1990;71:415-421