

Kybernetische Aspekte für den erweiterten Einsatz der FES bei motorischen Defiziten

G.Vossius

Institut für Biokybernetik und Biomedizinische Technik
Universität Karlsruhe, Kaiserstr. 12, D-76128 Karlsruhe

Die Willkürmotorik des Menschen läßt sich funktionell in 4 Hauptebenen unterteilen (1):

- Die Referenz- oder Bezugsebene, die die Basis für die laufenden Aktivitäten der Willkürmotorik darstellt.
- Die Regelebene, die die Regelbarkeit (Steuerbarkeit) bewirkt.
- Die Programmebene, die eingesetzt wird, wenn Routinebewegungen keiner andauernden Kontrolle bedürfen, oder die Schnelligkeit der Bewegungen und Reaktionen eine Regelung nicht mehr zulassen.

Unter diesen Ebenen liegen als ausführende Abschnitte der Regelung analog einer Kaskadenschaltung die rückgekoppelten Kreise der älteren Anteile des Kleinhirns mit den motorischen Kerngebieten des Hirnstamms sowie die Rückenmarksebene, bei der koordinativ verbunden jeweils mehrere Segmente zusammenarbeiten.

Diese Ebenen entwickeln sich in der Ontogenese in enger gegenseitiger Verkopplung und müssen auch während des Lebens andauernd auf dem Laufenden gehalten werden. Von ihrem Zustand hängt die aktuelle Kapazität des Menschen zur Kontrolle seiner Willkürmotorik ab.

Der Einsatz der Funktionellen Elektrostimulation, FES, bei Patienten mit Ausfällen in der Willkürmotorik als Folge von temporären oder chronischen Lähmungen, die verletzungsbedingt oder entzündlich - degenerativ sein können, hat ergeben, daß die Bewegungsdefizite anscheinend umfangreicher sind, als dies durch den primären Herd im ZNS bedingt ist (2/3). Die motorischen Ausfälle sind hierbei meist von einer schwächer bis sehr stark ausgeprägten Spastik oder zumindest einem pathologisch erhöhten Muskeltonus synergistischer Muskeln begleitet mit gleichzeitiger Herabsetzung der funktionellen Kraft dieser Muskeln. Durch die ES der motorisch gestörten Bereiche konnte oft nach wenigen Stimulationsanwendungen eine deutliche Verbesserung der Muskelkraft und der

motorischen Koordination beobachtet werden, die sich nicht durch eine direkte reiztherapiebedingte Verbesserung der Muskelkraft erklären läßt. Es müssen in diesen Fällen mittels der über die Muskelkontraktionen stimulationsinduzierte Aktivierung der afferenten Rückmeldungen höhere Bereiche der motorischen Kontrolle angeregt worden sein, die zwar noch funktionstüchtig sind, aber durch die Primärkrankheit blockiert wurden.

Die Ausbildung solcher, sekundär blockierter Umfelder könnte einerseits durch eine begleitende Spastik bedingt sein. Andererseits ist eine solche Blockade aber anscheinend auch nur durch Nichtgebrauch von Bewegungen möglich, z. B. nach Ruhigstellung von Gliedmaßen bei Knochenbrüchen. Sie kann mit zunehmendem Alter verstärkt auftreten. Erstaunlich ist hierbei, daß eine solche ES-induzierte Entblockierung oder Aktivierung der nur funktionell aus der Gesamtheit der Willkürkontrolle abgekoppelten motorischen Bereiche durch sehr einfache Aktivierungsmuster erreicht werden kann, z. B. durch Reizung mit 0,5 bis 2 Hz für 1 Stunde täglich. Besteht eine ausgeprägte Spastik in den betroffenen Bezirken, liegt es zunächst nahe, die Wirkung auf die Reduzierung der Spastik zurückzuführen. Dem steht aber die offene Frage entgegen, warum sich die Spastik bei potentiell noch vorhandener Willkürkontrolle ohne zwingende Notwendigkeit entwickelt hat.

Dieser Widerspruch ließe sich durch die Annahme aufheben, daß zunächst eine Störung in den höheren Kontrollebenen der Willkürbewegung auftritt, die durch den primären Krankheitsgrund verursacht wird und auch auf noch nicht betroffene Bezirke dieser Ebenen ausstrahlt. Sekundär werden daraufhin die unteren, abhängigen Rückkopplungskreise nicht mehr mit ausreichenden reglereinstellenden Signalen versorgt, die unteren zentralnervösen Reglerstrukturen werden dementsprechend in ihrer Grundeinstellung mehr oder weniger abgekoppelt. Dadurch kann sich in diesen mehr oder weniger abgekoppelten, funktionell nicht mehr ausreichend kontrollierten Kreisen als ein primitiver Rückkopplungseffekt eine unkontrollierte - Spastik entwickeln, deren Ausbildung