

神経科学基盤型リハビリテーションシステムの開発研究

金子 文成 [札幌医科大学保健医療学部理学療法学
第二講座／准教授]

須貝 保徳 [株式会社電制／取締役開発本部長研究
開発室長]

青木 信裕 [札幌医科大学保健医療学部理学療法学
第二講座／助手]

背景・目的

脳血管疾患による運動機能障害に対して質の高いリハビリテーションが望まれている。しかし、科学が発展した現在であっても脳血管障害に対して従来の概念に無い根治的な介入方法は存在しない。我々は、脳卒中による脳機能障害を回復させる手段として、神経科学的知見に基づいた方法を継続的に開発してきた。我々が取り組んできたロボティクスデバイス(キネステージ)による体性感覚入力とインテリジェントEMSとを組み合わせることができれば、神経科学的知見に基づいた次世代リハビリテーションに用いることが可能であり、当該研究開発に至った。

内容・方法

我々は、これまでにキネステージを用いた研究と電気刺激による生体の反応に関する研究を個別には実施してきた。しかし、インテリジェントEMSの開発およびインテリジェントEMSとキネステージを統合する仕組み(図1)の構築は、本研究により本格的に開始した。本研究において、二つの個別のシステムを統合した。

第一に、“インテリジェントEMS”的開発を行った。インテリジェントEMSは、健側で実施される運動時の筋活動から患側を電気刺激する刺激信号を生成する。本研究では、筋電図信号を収録し、刺激信号を生成し、外部へ刺激信号を出力する制御機に組み込むソフトウェアを作成した(図1)。筋電図は我々がすでに保有している表面筋電計を使用した。

第二に、すでに過去の研究で開発したキネステージのプログラムを改修した。具体的には、従来のキネステージプログラムをEMS-キネステージシステムで使用可能とするために必要な制御プログラムのアルゴリズムを変更した。



図1 システム構成

結果・成果

インテリジェントEMSの開発として、信号処理、信号生成、信号出力を行う制御機に組み込むソフトウェアを開発した(図2)。ソフトウェアは、信号処理を行う信号処理ユニット、信号生成を行う信号生成ユニット、信号出力を行う信号出力ユニットと定義した3ユニットから構成される。インテリジェントEMSは、表面筋電図からの生データを既成のAD変換システムでパーソナルコンピュータに採集する。ソフトウェアの各ユニットでは以下の処理を行う。

・信号処理ユニット

採集したデータを低域遮断周波数10Hzでフィルタ処理し、モーションアーティファクトを遮断する。次に、整流平滑化処理を行い、包絡線を作成する。その後、事前に実施した最大等尺性随意収縮中の筋電図における振幅を基準に標準化する。

・信号生成ユニット

信号処理を終えたデータから単位時間あたりの振幅の平均値を算出し、振幅平均値の変化を用いて刺激信号を生成する。生成する刺激信号は、刺激開始、継続、終了の合図と刺激強度の2つのパラメータから構成される。そのパラメータを出力信号とするために、シリアル通信用の規則性がある文字配列として変換した。振幅平均値の変化は、電気刺激の強度を経時的に変化させる変数として用いる。筋電図の振幅平均値から電気刺激強度に変換する刺激設定変数は、近年我々が実施してきた(株)伊藤超短波との共同研究で得られた知見と本研究期間に実施した健康な対象者の筋に対する電気刺激実験によって得られた知見から計算された値を用いる。刺激強度以外の電気刺激の設定である刺激周波数、パルス幅、通電時間、休止時間は最初に設定し、信号処理データからは変化させないようプログラムを構築する。電気刺激は、被験者が必要以上に不快な疼痛を受けないこと、関節トルクの発生効率を最大限にすることを考慮して設定する。

・信号出力ユニット

信号生成ユニットで生成した刺激信号は、出力ユニットから経時的に既存の電気刺激装置に送信される。送信された信号は、電気刺激装置において刺激信号の指令値として使用される。

キネステージのソフトウェア改修として、信号生成ユニットから出力される指令値を受信する仕組みを追加した。我々が開発したキネステージは、制御するパーソナルコンピュータの操作により様々な運動プログラムを実施するロボティクスデバイスである。ハードウェアとしては今までより精密な制御が必要であり、それに適したモータに変更した。ソフトウェアの改修とモータの変更により、キネステージは、EMS-キネステージシステムを稼働させるために準備すべき事項を解決することが出来た。

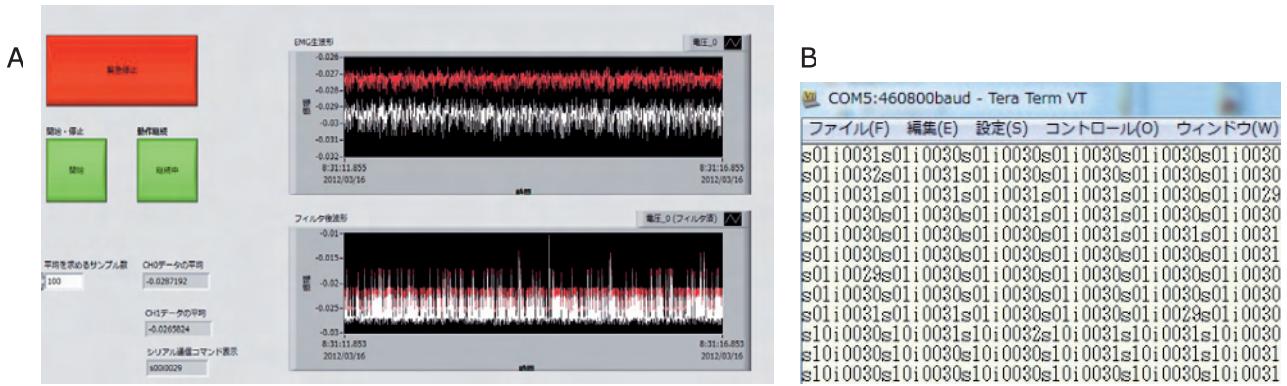


図2 制御機ソフトウェア

A. 制御機実行中画面。収録された筋電図信号を処理し、出力する指令値を生成した。

B. 制御機から出力された指令値。ソフトウェアから出力された信号をハイパーテーミナルで受信して確認した。

今後の展望

今回開発したシステムはインテリジェントEMSの制御機であり、実際には出力された信号を電気刺激装置に送り、電気刺激を制御する必要がある。今後、電気刺激装置が出力された信号を受け取るように改修し、健康な被験者による試用を行う。

また、我々は、文部科学省科学研究補助金等により、新規的に開発したリハビリテーション介入システムを用いた臨床介入効果の検証を始めており、本研究によって開発したシステムについても臨床介入効果の検証に至れるように開発を進める。さらに、製品化に向けてはコンパクトにパッケージングされたシステムとして洗練する必要があり、製品化開発段階の研究を継続して実施したい。