

筋電義手在宅練習支援システムの開発研究

本田雄一郎 中村 豪 赤澤康史 濱本雄次

陳 隆明 柴田八衣子 溝部二十四
(兵庫県立リハビリテーション中央病院ロボットリハビリテーションセンター)

1 はじめに

成人を対象とする筋電義手操作のための練習は、診療報酬体系に従い、訓練室等で作業療法士の指導に基づいて行われる。これとは別に筋電義手の訓練中の患者は、自主練習として時間外練習も行っている。しかしながら、訓練による習熟速度には個人差があり、より短期間に筋電義手操作をマスターするには、自主練習時にも利用可能な簡易に使える訓練補助機器が望まれている。小児の患者の場合には訓練時間外での練習が重要であると言われており、筋電義手の指先の動きだけでなく、それを操る元となる筋電信号を可視化する補助機器の必要性は大きいと考えられる。本研究では、平成24年度に実施した筋電義手練習支援システムをさらに発展させ、在宅における筋電義手操作練習を可能にし、勤労者が筋電義手に挑戦しやすくするとともに、これまでの施設内練習をより効率的にすることを目的として、堅牢な無線・有線ハイブリッド式筋電位表示デバイスの開発を進めた。

2 開発室、訓練室、在宅での違い

平成24年度に開発した無線仕様の筋電義手練習支援システムは現在も継続して訓練室で利用されている。しかし、利用時には当研究所の義肢装具士あるいはエンジニアが2か所のコネクタを接続し、PC上で筋電波形表示プログラムを起動し動作確認をとるという準備をしている。このことは、作業療法士にとって、この装置の準備が十分に容易とは言えないレベルにあると考えられる。在宅での利用のためには、準備の敷居を下げ、扱いをより簡単にしなければ導入が難しいと考えている。

現実問題として、無線仕様の筋電義手練習支援システムを利用する際に、練習支援プログラムをPC上で開始しても筋電信号がディスプレイに表示されないことがある。エンジニアにとっては、図2に示す原因を順に考え、対処を進めていけるが、作業療法士にとっては患者を前にこのような状況に対処することは困難となる。ましてや、在宅にて訓練を行う患者自身が扱うとなると、家電製品のようにスイッチを入れればすぐ使える練習補助器が必要となる。

図2の原因1、2に関しては、接続部の確認、電池の充電・交換にて対応できる比較的軽度な問題である。しかし、原因3～5の対処には専門知識が必要となる。

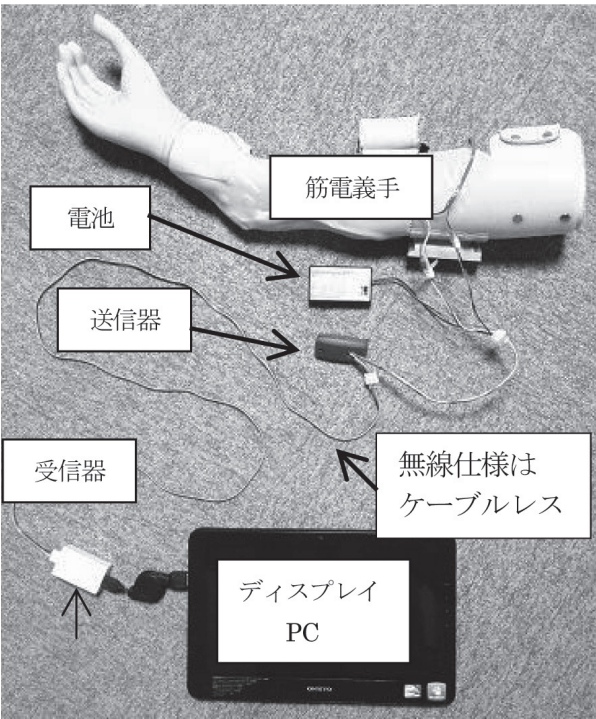


図1 H24年度に試作した有線式表示装置

うっかりミス (回避可能)	1. 物理的な接続不良の可能性	2. 電池の残量不足の可能性
環境変化 (避けられない)	3. コンピュータ側の設定変更の可能性	4. 他の通信機器の電波と混信の可能性
経年変化など (やがては起こる)	5. ハードウェアの故障の可能性	

図2 不具合の原因

原因3はPCの起動により起こることがあり、設定手順のマニュアルを作成し、対処することとした。原因4に対しては、無線式で動かないときにケーブルで繋いで有線化して使えるよう考えた(図1)。原因5の場合は故障箇所を見つけるのが非常に困難なケースがあり修理・交換対応となるが、繰り返し起こらないか注意する必要がある。

在宅にて電波通信が通信不良になると練習ができなくなるため、これを回避するため、有線接続でも構成できるようにシステムの拡張を考えた。そこで無線通信部を有線通信とした表示装置の開発に取り組んだ(図1)。しかし、在宅で利用される場合に、本装置を必ず図1の通りに接続して利用するならば問題はないが、ケーブルの接続を間違え送信器を介さずに筋電義手とPCが繋がれた場合、PC側と義手の電気回路が絶縁されることなく繋がる。さらに、PCのバッテリー残量が少ないからと電源アダプターをコンセントにさして充電しながら利用したとすると、電力線へ落雷が落ちた場合に、電線から高電圧がPCへ伝わり、それが筋電義手へ流れ込み、筋電センサを介して利用者の体へ伝搬し、感電事故となることが起こりえる。無線仕様の場合は、PCと義手は電波により繋がっており、電気的な絶縁が確保されているため安全である。筋電義手そのものはコンセントから給電しながら使う術がないため感電の可能性はほぼ無い。

上記のように、「普段と同じようなPCの使い方をする」ことで想定できる危険性があるため、図1のシステムは在宅練習用として使わないこととした。利用する現場にエンジニアがいる場合は機器は想定した使い方がなされる期待が十分にある。しかし、エンジニアが不在の場合、想定外の使い方が起こる可能性がある。今回のケースでは、PCを充電しながら利用するという、ごくありふれた利用方法に危険が潜んでいる。それゆえ、「開発側にとっては想定外」の使い方がされた場合にも利用者の安全を確保できるシステムを考案する必要がある。

3 小型筋電波形モニタの開発

できるだけ単純なシステムで、目的を達成できるように考慮し、有線接続で残存肢の伸筋群、屈筋群の2つの筋電信号を単純な回路構成で表示できるシステムを実現するため試作を行った(図3)。これは図1の装置から受信器、ディスプレイPCを取り去り、送信器に代わって筋電義手に接続して利用する。この装置にはすでに小型ディスプレイが備わっているため、腕時計のように筋電義手の手首部に固定して利用できる。図3の回路の端子部には信号が流れるため、身体に触れることのないようにシリコン材料で回路部を覆い隠して利用できるようにしている(図4)。右側の拡大図は右手首の屈伸動作に応じて前腕部に出現する筋電信号を筋電センサーで整流増幅した波形である。

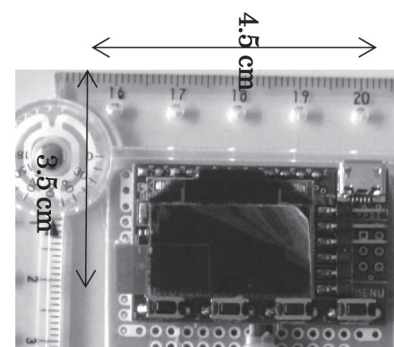


図3 小型筋電波形モニタ

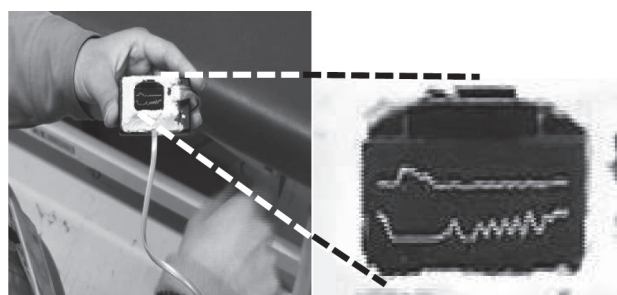


図4 動作時の様子

4 おわりに

平成24年度に実施した筋電義手練習支援システムは隣接する中央病院での筋電義手訓練にて継続的に利用されている現状を踏まえ、このシステムを在宅における筋電義手操作練習に供するよう発展させる予定であった。無線通信ができない場合を考え、無線・有線ハイブリッド式筋電位表示デバイスとして技術的視点から開発を進めたが、ディスプレイ用PCを日常的なPCと同じ使い方をするだけで落雷時などに感電の危険性が出てくる可能性があることに気付いたため開発の方針

転換を行った。在宅での利用可能性を考慮し、有線式のまま安全で簡単操作で利用できる筋電波形表示装置は小型モニタの形状としてひとつの解にたどり着いた。今後は、エンジニアのいる筋電義手訓練の現場で利用状況を確認し、その後在宅での訓練に利用できるようフォローアップをしていきたい。

いつも快く助言、協力してくださる中央病院のスタッフの皆様に感謝の意を表します。