

2020年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「脳卒中片麻痺用手指機能回復支援ハンドロイドロボット」

研究代表者： [広島大学大学院医系科学研究科 ・ 教授] [弓削 類]
共同提案者(大学等コーディネーター)： [広島大学] [川崎 博和]

1. はじめに

脳卒中(脳梗塞や脳出血など)は、年間 30 万人が発症する。成人における身体障害の主因であり、寝たきりになる原因の第 1 位(40%を占める)、認知症の原因の第 2 位でもある。団塊の世代が 75 歳を迎える 2025 年を前に、要介護者の増加と介護者の人手不足への対策が必要である。障害の克服には、リハビリテーションが重要であるが、医療費抑制の煽りを受け、脳卒中のリハビリテーションには入院日数の制限が設けられ、180 日以内での機能回復が求められている。しかし、実際にはその期間内での機能回復には至らず、十分に歩けないまま、手指が使えないまま退院する患者が多い。その結果が、寝たきりの増加や日常生活における生活の質(QOL)の低下につながるという悪循環が続いている。この流れを断ち切る「有効なリハビリテーション」が求められている。

特に手指動作は、日常生活動作に極めて重要であるが、現状のリハビリテーションでは、麻痺した手指を静的に固定・補助することはできても、一連のダイナミックな上肢動作で正常な手を使うことを学習することは極めて難しい。そこで本事業では、手指機能の学習、改善を目指した新たなリハビリテーション手法として、手指機能回復支援リハビリテーションロボットを開発検討した。

2. 概要

これまでの上肢機能回復用のリハビリテーションロボットは、その多くが肩関節と肘関節補助を目的としたロボットであり、巧緻的な手指動作の機能回復に焦点を当てたリハビリテーションロボットは実用化されていない。そこで本事業では、人間型の5指可動型のロボットハンド(ハンドロイド:株式会社 ITK, 岐阜)の技術を基に、人間の手の動きに近づける改良を行い、数例の片麻痺患者へ試用することで、手指リハビリテーションロボットとしての可能性を検討した。

3. 研究成果および今後の課題

3-1 手指機能回復支援ハンドロイドロボット

1) 機器の概要

今回開発した手指機能回復支援ハンドロイドロボットは、手指動作が不自由な患者が装着するデータグローブと人間型の 5 本指のロボットハンドで構成されている(図1)。データグローブ指部の背面には、それぞれ曲げセンサーが内蔵されており、センサーの曲げ量に応じて接続されているロボットハンドが同期するシステムである。また、拇指・示指・中指の内面繊維は導電性になっており、拇指と対立することで、指の曲げ量とは関係なく、ロボットハンドが指の対立動作をする仕様とした。



図1 手指機能回復支援ハンドロイドロボット（左:ロボットハンド, 右:データグローブ）

2) 本事業での改良点

手指機能回復支援ハンドロイドロボットに関して、下記の点の改良を行った。

・改良点1 拇指 CM 関節

上肢・手指解剖を行い、その知見をもとに、各関節の動きを再現した。従来のロボットハンドの CM 関節は、人間の動作とは異なり、拇指との対立動作は可能ではあったが、完全には再現されていなかった。今回、上肢、手指の解剖を行うことで CM 関節の重要性を理解し、可能な限りより忠実に再現するため、ロボットハンドの CM 関節に 1 軸追加し可動域を広げ、より人間らしい動作に改良することができた。また、CM 関節内の 2 つの回転軸をユニバーサルジョイントのように近づけるため、3D プリンターを活用し 2 つの回転軸を一体成型で出力した。

・改良点2 対立動作の実現

CM 関節に 1 軸追加したことで、より人間らしい対立動作が可能となり、また、拇指・示指・中指の内面繊維を導電性にするすることで、指の曲げ量とは関係なく、拇指と示指、または中指が接することで、データグローブが対立動作を感知し、その信号を受信したロボットハンドが指の対立動作を再現できるようになった。

3-2 脳血管障害片麻痺患者への適用

麻痺の程度の異なる 3 名の片麻痺患者へ試用し、本装置の臨床応用の可能性を検討した。

評価項目は、介入前後での麻痺側手指動作機能の客観的評価の指標となる Box and Block Test (以下, BBT) および使用に対する主観的なアンケートとした。

1) 症例1

50歳代男性。3年前に左被殻出血を発症し、右片麻痺を呈する。SIAS finger-function test スコア 4、強い感覚障害を呈する。巧緻動作が難しく、日常生活動作において右手を使用する頻度は少ない。

図 2 に示すように、本装置を装着し、手指屈伸動作、対立動作のトレーニングを 15 分間実施した。ロボットは、症例の動きを忠実に再現することができた結果、BBT スコアは、14 個から 15 個とやや改善がみられた。本装置を利用することで、反復した動作練習が可能であった。

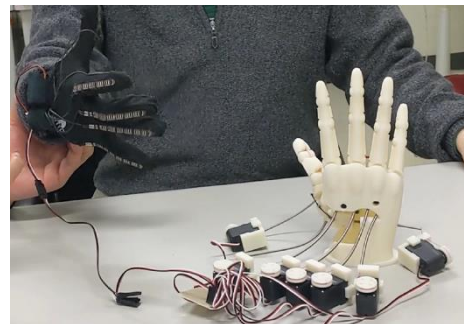


図2 片麻痺患者への適用(症例1)

2) 症例 2

60歳代女性。13年前に脳梗塞を発症し、右片麻痺を呈する。SIAS finger-function test スコア 3、感覚障害は軽度。本装置を利用し、つまみ動作、対立動作の反復練習を実施した。視覚フィードバックを用いた反復練習が可能であったが、BBT スコアは介入前後で変化が認められなかった。

3) 症例 3

70歳代女性。17年前に左被殻出血を発症し、右片麻痺を呈する。SIAS finger-function test スコア1B、痙縮がみられ、感覚障害を呈する。僅かに手指の屈曲伸展動作であるが、実用的な動きではない。自らの動きで、ロボットの動きを誘導できたことを知覚し、大きな達成感が得られた(図3)。

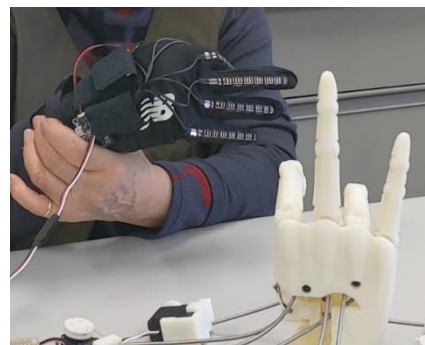


図3 片麻痺患者への適用(症例3)

4. おわりに

本事業では、手指機能の学習、改善を目指し、手指機能回復支援リハビリテーションロボットを改良・開発した。拇指CM関節の動きを改良し、対立動作を可能としたことで、ヒトの動きに近いロボットハンドを実現することができた。また、片麻痺患者へ試用し、新たなリハビリテーション機器としての有用性を示すことができた。

5. 本研究の今後の計画

本装置をリハビリテーション現場で継続的に利用することにより、さらなるリハビリテーション効果を検討するとともに、本装置のロボットハンドの機構を麻痺手に装着させ、麻痺手の動きを補助するシステムの開発を進めたい。

6. その他

(1) 出願特許(タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

該当なし

(2) 投稿論文(タイトル・学会名等)

該当なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名

株式会社スペース・バイオ・ラボラトリーズ

株式会社アイ・ティー・ケー



この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<https://jka-cycle.jp>