

人と人の絆を大切にしたりハビリ支援機器の開発

Development of rehabilitation support equipment for better human relationship

○ 森田良文, 山崎一徳, 佐藤徳孝 (名工大)

Yoshifumi MORITA, Kazunori Yamazaki, Noritaka Sato, Nagoya Institute of Technology

Abstract: We are developing rehabilitation support equipment through medicine-engineering collaboration and industry-academic-government collaboration. In this paper we introduce our research and development activities through the collaboration. Moreover, as one of our rehabilitation support equipment we introduce our evaluation equipment for hand sensorimotor integration function. The evaluation equipment consists of the evaluation device for hand cooperation movement of the grasping of a deformable object and the evaluation protocol for hand sensorimotor integration function using the evaluation device. The effectiveness of the evaluation device and the protocol was shown by performing the test for healthy students.

Key Words: Rehabilitation support equipment, Collaboration, Quantitative evaluation, hand cooperation movement, Sensorimotor integration function

1. はじめに

脳卒中片麻痺患者などの身体機能や身体能力の再獲得は、完全回復を求める患者の意思を尊重するものであり、我が国における治療期間の短縮による医療費負担の軽減や、社会復帰による労働力の確保のためにも急務である。そのため、身体機能や身体能力の回復の訓練ニーズは高く、適切なリハビリテーション（以下、リハビリ）やその訓練メニューの設計に対する支援機器が必要不可欠である。

一方、患者のQOL（Quality Of Life, 生活の質）向上のためには手指機能の巧緻性の向上が必要となる。巧緻性とは器用さのことで、巧緻性を発揮するためには感覚運動統合機能が十分に機能する必要がある。例えば脳血管障害などによって感覚運動統合機能が低下すると、手指を含む上肢の協調運動が困難になる。感覚運動機能が低下した患者にとって困難な運動の例として、豆腐のように変形する物体の把持・持ち上げ運搬複合動作が挙げられる。また、上肢の感覚運動統合機能の適切なリハビリ訓練メニューの設計のためにも感覚運動統合機能の定量的評価が必要不可欠である。このような複雑な協調運動の評価に対して、現在のリハビリ現場では、リハビリ実務者の主観評価であり一般性と再現性に問題があるため、患者に適したより効果的な訓練メニューの設計ができていないと考えられる。

そこで、筆者らのグループは、これまでに、研究会や勉強会を通して、人と人の絆を大切にしながら種々のリハビリ支援機器を開発している。ここでの人とは開発者のことであり、産官学のメンバーのみならずリハビリ実務者も含めている。本稿では、これらの人と人の絆を大切に開発の取り組みについて紹介する。また、リハビリ支援機器の一例として、手指の感覚運動統合機能の定量的評価装置の開発について紹介する。この開発では、リハビリ現場での利用を想定した実務レベルの評価装置の開発、ならびに手指の巧緻性の一つとして把持力調整能力の評価プロトコルの策定を行っている。

2. 人と人の絆を大切にしたり機器開発の取り組み

筆者らのリハビリ支援機器開発の取り組みを簡単に紹介する。

2007年に、国際福祉健康産業展～ウェルフェア～に研究成果のパネルを出展したところ、リハビリ実務者である理学療法士（以下、PT）や作業療法士（以下、OT）と知り合

いになった。その後、PTやOTが筆者らの研究室に来訪するようになり、意見交換などの交流が始まった。2008年には、研究室のHPを見て研究室見学に来訪するOTもいた。

このような状況の中で、2009年にリハビリ実務者らと共同で、真の意味でのマッチングから、真に役に立つリハビリ支援機器の開発を目指したりハビリルネッサンス研究会を立ち上げた。同年、中部イノベーション創出共同体の提案型連携構築事業において「事業名：工学的アプローチに基づくリハビリ機器開発のための連携体制の構築」が採択された。ここでは、工学研究者とリハビリ実務者との相互理解を深め、連携体制を構築した。2011年には、公益財団法人中部科学技術センターの地域産業の競争力強化を目指した新産業発掘のための調査事業である分野特化型勉強会事業において「事業名：リハビリテーション実務者ニーズによる機器開発のための勉強会」が採択された。ここでは、機器の商品化を目指すために、産業界も含めたりハビリ・工学・産官学の連携体制を構築した。さらに、2012年は、これまでの連携活動を実質化するために、地域新成長産業創出促進補助金事業「中部ヘルスケア分野産業振興促進ならびに事業化支援事業」体制強化事業勉強会（採択事業者：(株)CLINICAL STUDY SUPPORT）の中で「訓練装置開発における関連法規に関する勉強会」を立ち上げた。ここでは、産学官のメンバーで薬事法を勉強すると同時に、4つのリハビリ支援機器開発プロジェクトを立ち上げ、それぞれに薬事法に基づく医療機器認可を受けるまでのロードマップを策定した。現在は、プロジェクト毎に、ロードマップにしたがった機器開発を遂行している。なお、上記三事業は中部経済産業局の事業である。これらの連携活動を円滑に進めてくれるコーディネータの役目は非常に大きかったと感じる。

これらの連携体制を構築して研究開発を遂行する中で、筆者が感じたことを述べる。まず、リハビリ実務者にとって単なる機器のユーザとしての意識ではなく、開発者の一員としての意識を持って開発に参画することが重要である。具体的には、単なるニーズの提供だけでなく、具現化した機器の評価も担当することを意識する必要があると考える。

また、医工相互の専門用語が難しいのは当然のことであるが、医療サイドのニーズを工学的仕様に落とし込むことが非常に難しい。医療サイドはニーズを工学サイドに伝える技術、工学サイドはニーズを工学的に解釈する技術が必

要であることを痛感した。また、必ずしも工学的に解釈できるニーズの表現ばかりではなく、試作機の仕様を決めるための試作機の開発が必要となり、開発に掛る時間が多いことを感じた。さらに、機器開発に当たっては、現場での想定外のケースにも対応しうる堅牢性の確保と、療法士でも容易に使える操作性の高いユーザインターフェースが必要不可欠である。

以上、リハビリ支援機器の開発を始めて様々な困難に直面しているが、これらの解決のためには開発に関わる全ての人と人の絆が非常に重要であることを学んだ⁽¹⁾⁽²⁾。

3. 手指感覚運動統合機能の定量的評価

手指の感覚運動統合機能の定量的評価のために、把持・持ち上げ運搬複合動作を考える。手指の感覚運動統合機能の定量的評価法として、評価装置とそれを用いた評価プロトコルを提案した⁽³⁾。

図1に示す評価装置の構成は、円筒形状の把持デバイス、コントローラボックス、荷重可変装置、および解析・表示用コンピュータからなる。図2に示す把持デバイスのサイズは高さ80mm、直径65mmで、重量は120gである。把持デバイスの内部には、平板状のばね鋼(以降、ばね板)が取り付けられており、把持デバイスを潰した際に手指が感じる反力(以降、把持力)を提示する。ばね板に貼り付けた歪みゲージにより、把持デバイスを把持した際の潰れ具合(以降、変形量)に比例した電圧値が出力される。また電圧値から把持力を求めることもできる。把持デバイスは、従来に比べて再現性と堅牢性が大幅に向上している。荷重可変装置は、把持デバイスの持ち上げ高さに応じて荷重を変化させるための引張バネと、持ち上げ高さを測るための位置センサーで構成される。把持デバイスを必要最小限の力で落とさないように保持するためには、持ち上げ高さに応じて把持力を連続的に調整する必要がある。解析・表示用コンピュータのモニタには、把持デバイスの変形量を時系列グラフとして表示される。

一方、評価プロトコルは、手指機能を定量的に評価するための手順書を指す。具体的には、把持デバイスの特性(剛性と重量)を変化させるための実施項目、協調動作を測定するための実施項目、測定値から定量的に評価するための実施項目などを示した一連の手順である。筆者らはリハビリ実務者らと共同で、手指機能に障がいや有する患者を対象とした「巧緻性ならびに感覚運動統合機能の評価プロトコル」を考案した。ここでは、巧緻性を把持力調整能力と把持動作再現能力と定義している。

以下に、把持力調整能力のプロトコルについて説明する。把持力調整能力とは、重量が変化する物体を適切に把持し続ける能力を指す。このような特殊な状況下の把持・持ち上げ運搬複合動作においても、提案の評価装置と評価プロトコルを用いることにより定量的に評価できる。

協調動作を測定するための実施手順を示す。10秒毎の合図とともに、①把持デバイスを潰しすぎないように把持し50mmの高さまで持ち上げて、その状態を保持する、②測定部を元の位置に静かに置き手を離す、という二つの動作を3回ずつ繰り返した。実験条件を揃えるために、机と椅子の高さを調整し、肘をテーブルの上に付いた状態で、測定部の握り位置を指定した。

測定値から定量的に評価するための実施手順を示す。実験結果の一例を図3(a)に示す。横軸は把持デバイスの持ち上げ高さ、縦軸は変形量に比例した出力電圧値を表す。青実線は把持力を、赤点線は持ち上げ高さ5~50mmの間の

把持力の近似曲線を表わす。把持力調整能力は、把持力と近似曲線との偏差の絶対値の累積値と定義する。この累積値が小さいほど把持力調整能力に優れることを意味する。

把持・持ち上げ運搬複合動作において、提案評価装置と提案評価プロトコルを用いることにより把持力調整能力を定量的に評価できることを示す。平均年齢23.2歳±0.8の若年健常者10名を対象に、非利き手よりも利き手の方が把持調整能力に優れることを確認する。分散分析を行った結果を図3(b)に示す。利き手と非利き手の間で有意差が認められたことから、若年健常者の利き手は非利き手よりも把持力調整能力に優れることを確認した。これは、技能を要する課題ほど利き手が得意であることを裏付ける結果であり、評価プロトコルの有効性を検証することができた。



Fig. 1 Evaluation equipment



Fig. 2 Grip device

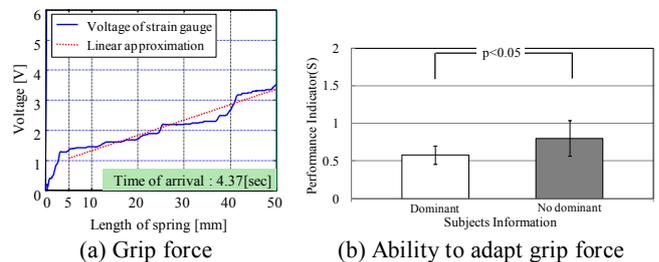


Fig. 3 Experimental results of grasping

4. まとめ

筆者らのグループが取り組んでいる人と人の絆を大切にしたい開発について、またその取り組みの成果の一つである手指の感覚運動統合機能の定量的評価装置の開発について紹介した。なお、本論文で紹介した研究は、JST 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム FS ステージの課題「感覚運動統合機能の定量的評価のための装置開発(課題番号: AS232Z00789F)」によって実施されたものであり、ここに謝意を表す。

参考文献

- (1) 田邊, 高木, 森田, SeedsよりNeedsを優先した医工連携, 第46回日本作業療法学会抄録集, KK2202, 2012.
- (2) 小森, 田口, 森田, 佐中, 佐藤, 提案者ではなく開発者たれ。- 感覚運動統合機能評価機器開発を通じて。-, 第46回日本作業療法学会抄録集, KK2202, 2012.
- (3) 北山, 廖, 山崎, 佐藤, 森田, 鶴飼, 小森, 田口, 手指の感覚運動統合機能の評価のための測定デバイスの開発と評価法の有効性検証, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 1A1-M10, 2012.