

リハビリロボット SEMUL を用いた新規な上肢作業能力評価法の開発
Development of Assessment Method for Upper-limbs Occupational Function
with Rehabilitation Robot, SEMUL

○釘宮慎太郎, 大野哲也 (大分大・大分東部病院)
佐藤地洋, 山辺一輝, 阿部功, 菊池武士 (大分大)
井上昭夫 (ER テック), 洲上祐亮 (大分豊寿苑)
佐藤浩二 (大分岡病院), 中本和孝 (大分東部病院), 森照明 (大分岡病院)
Shintaro KUGIMIYA & Tetsuya OHNO, Oita University/Oita Toubu Hospital
Chihiro SATOU, Kazuki YAMABE, Isao ABE & Takehito KIKUCHI, Oita University
Akio INOUE, ERtech, Yusuke SUGAMI, Oita Houjuen
Kouji SATOU, Oita Oka Hospital, Kazutaka NAKAMOTO, Oita Toubu Hospital
Teruaki MORI, Oita Oka Hospital

Abstract: Upper-limbs rehabilitative training for hemiplegic patients has been mainly conducted by occupational therapists (OT). Training methods and its conditions are strongly depending on the experiences of the OT, because of the wide range of individual differences of patients. We have developed new software using the rehabilitation robot, SEMUL for a new assessment method for upper limbs occupational functions. In this paper, the proposal of the new assessment method and software were explained.

Keyword : Assessment, Upper-limbs, Rehabilitation, Robot, Occupational therapy

1. はじめに

厚生労働省大臣官房統計情報によると脳血管疾患による死亡率は、10万人当たり94.1人で第4位となっている^[1]。しかし、国民生活基礎調査^[2]によると介護が必要となった原因の第1位は脳血管疾患(脳卒中)と多いことから後遺障害に対するアプローチの重要性が伺える。脳卒中による後遺障害は損傷部位・病型により大きく異なる。運動障害は、中枢神経障害に起因する運動麻痺を呈し、その回復過程は筋緊張の異常や病的反射といった特徴的な現象が出現し、日常生活動作の獲得に向けた大きな障害因子となる。脳卒中麻痺側上肢が回復しにくい理由として、運動野において上肢の運動に関する領域が下肢に比べて広範囲であり、また、粗大的運動を主体とする下肢に比べ、上肢や手指は巧緻動作が必要になるため運動の再獲得が難しいといった脳の機能的特徴が考えられる^[3]。従来は、主に作業療法士がこれらの訓練にあたり機能回復を支援するが、上記問題点や障害の程度により個人差が大きい点などから統一した訓練プログラムを設定し難いといった問題点が挙げられた。また、訓練プログラムと同様に機能評価の点でも療法士の主観的な評価となる事も多いのが現状であ

り、臨床現場では患者・家族へのフィードバックが不明確になってしまうケースがみられている。

そこで、我々は上肢運動訓練・評価装置 SEMUL^{[4][5]}を用いて実際の作業療法訓練を規範とした訓練ソフトウェアを開発している。現在に至るまでに、我々は雑巾がけをモチーフにした訓練ソフトウェア WIPE と WIPEPAD^[4]を開発・研究してきた。本研究では、訓練ソフト WIPE の新たな評価法を提案する。

2. 上肢リハビリロボット SEMUL

図1に SEMUL による訓練風景を示す。使用者は机に向かって座った状態で訓練を行う。作業台は使用者に合わせて高さや角度を調節が可能である。ディスプレイには訓練アプリケーションのメニュー画面や、訓練画面が表示される。使用者はアーム先端の WIPEPAD を把持し、操作を行う。

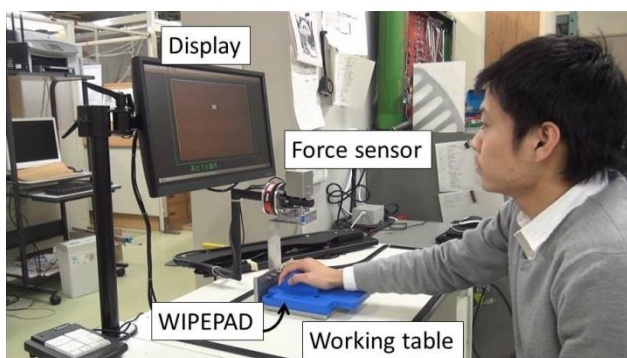


図1. SEMULによる訓練風景

WIPEPADの把持部の形状は使用者の手指の機能に合わせて交換可能である(図2)。すなわち, Stick type, Mouse type(Large), Mouse type(Small)がある。各グリップに対しての実際の脳卒中片麻痺患者を対象とした聞き取り調査の結果, Stick typeはBRS(Brunnstrom stage)V~III, Mouse type(Large)はBRS V~II・男性, Mouse type(Small)はBRS V~II・女性が使用適切であると判断され^[4], 利用者の上肢機能レベルに合わせて取り替えが可能である。



図2 WIPEPAD グリップ

上記WIPEPADの操作に連動し, ER流体ブレーキが制御されアプリケーションソフトウェアの仮想オブジェクトからの反力が提示される。パラレルリンクの関節角度情報は, 2つのアブソリュートエンコーダで計測する。また, WIPEPADの上部には, ポテンシオメータが内蔵されており, 手首の角度が算出されている。

3. 作業療法ソフトWIPE

上肢麻痺に対し, 適応学習や代償的な動作獲得のための課題指向型訓練とならび, 日常生活活動(ADL)の拡大を目標とした課題特異型訓練が推奨されている。今回開発した作業療法ソフトWIPEは, WIPEPADを用いた課題特異型の訓練・評価ソフトウェアであり, SEMULの力覚提示機能を使用することにより, 発生する抵抗をWIPEPADを用いて体感することを

可能にした。脳卒中患者に対する作業療法訓練では, リハビリテーション中の運動学習を日常生活に汎化させるためにより現実に近い状況でのトレーニングが効果的である可能性が示唆されており^[6], 機能回復といった基本能力と生活を送る上で必要不可欠な動作といった応用能力に治療的に働きかけていくことが可能となる。

図3はWIPEの訓練画面を示す。訓練画面にはあらかじめプログラムで設定された位置に汚れ(Dirt)が表示される。使用者は上記WIPEPADを操作し, この汚れをこすることで取り除く。この時, 理想的にはテーブルへの適度な押し付け力を伴う場合にのみ汚れが消える設定とするが, 使用者の上肢機能によっては難易度を下げた課題を実施することもできる(4節)。

図4は訓練中の軌跡データを示す。訓練後に即座に評価をフィードバックすることによって訓練のモチベーションを向上することや, 療法士側の訓練効果・運動機能の改善の経過判断にも有用性が期待できる。



図3 WIPEの訓練画面

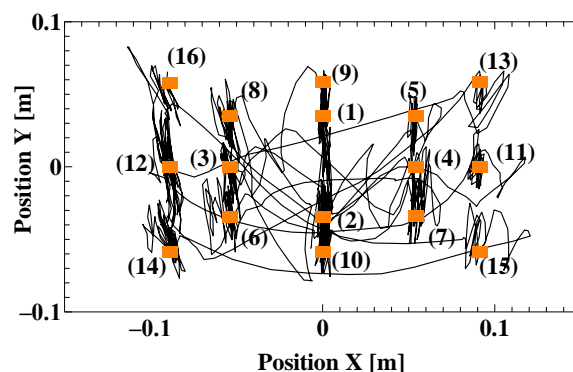


図4 WIPE 訓練の軌跡データ

4. 作業療法ソフト WIPE による評価法の提案

従来の先行研究では、手先の運動と力を個別に評価している。しかし、実際の上肢作業では力を出しながら滑らかに運動することが要求される。たとえば、雑巾がけ作業ではテーブルへの押しつけ力を保持したまま上肢を運動させ、汚れを拭きとる必要がある。そこで我々は WIPE ソフトにおいて次のような評価法を提案する。

WIPE においては力センサで検出された押しつけ力 F_v に比例した汚れの抵抗 F_t を SEMUL の力覚提示機能によって出力する。これはクーロンの摩擦法則を表現しており実際の汚れの抵抗力として自然な表現だと考える。また運動速度を V とする時、汚れを消すために人間が発揮するパワー P は抵抗 F_t と運動速度 V の積となる。この時、上記の摩擦法則によって運動速度 V と押しつけ力 F_v をパワー P によって同時に評価することができる。今後の検討によってその数値が利用可能かどうかを検討する。

上記の評価法はたとえば上肢の BRS のレベルが IV 以下の随意運動が得られない・僅かに得られているレベルの患者には難易度が高すぎる可能性が考えられる。そこで上記の方法を拡張した難易度設定を提案する。提案する 5 段階の難易度を以下に示す。

- Lv1.手先が汚れ領域に達することで汚れが消える (サイズ大)
- Lv2.手先が汚れ領域に達することで汚れが消える (サイズ小)
- Lv3.押しつけに関係なく汚れの抵抗は一定とする
- Lv4.押しつけに比例した抵抗力を提示する
- Lv5.Lv4 に追加して消しとり可能な運動方向を制限する

BRS が IV 以上であれば、WIPE の難易度の Lv1 が実施可能であると判断した。BRS の IV 以上というのは基本的共同運動から逸脱した運動と定義^[7]されており、筋緊張も減弱しつつあるレベルであり WIPE 課題で必要とされるリーチ動作が得られやすい状態と考える。しかし、BRS が IV レベルの方であれば、難易度 Lv4・5 のように抵抗力に抗しての運動は得られ難いことが考えられる。

押しつけ力に比例した抵抗力に抗した運動がどの程度行えるかは今後の臨床課題の一つであり、その他 BRS レベルに対する難易度の段階分けが、BRS をはじめ上肢機能評価と関連があるかをこれからの実験で検討する必要がある。

5. 臨床試験計画

今後の実験計画としては、SEMUL の臨床試験を社会医療法人敬和会大分東部病院にて実施予定となっている。回復期リハビリテーション病棟入院中の脳卒中患者を対象とし、EMUL 訓練群と通常の上肢機能訓練群に分けての訓練効果検証を行う。訓練デザインとしては ABA デザインとし、各訓練終了時に作業療法士による従来の上肢機能評価を行い、SEMUL 搭載のセンサ値との相関を検証する。併せて、作業療法ソフト WIPE による評価方法、難易度設定の検証を行っていく。

6. おわりに

本研究では、上肢運動訓練・評価システム SEMUL に対して雑巾がけをモチーフにした訓練ソフト WIPE を開発し、この WIPE を用いた新たな評価法を提案した。この方法では、テーブルへの押しつけ力と平面内の運動の連携を自然な仮定のみを使って評価することができる。すなわち、汚れを拭きとる際の瞬間パワーとして評価することができる。この評価法の妥当性を今後の実験で検証する。

参考文献

- [1] 厚生労働省大臣官房 統計情報部人口動態・保険社会統計課, 平成 25 年度 (2013) 人口動態統計 (確定数), (http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei13/dl/11_h7.pdf, 2015/02/16)
- [2] 厚生労働省, 平成 25 年 国民生活基礎調査の概況 (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/05.pdf>, 2015/02/16)
- [3] 塚本陽貴, 小林康孝: 新田塚医療福祉センター雑誌 Vol.8, No2, 2011
- [4] 山辺一輝, 阿部功, 釘宮慎太郎, 菊池武士, 井上昭夫: “力覚提示装置 SEMUL を用いた作業療法評価のための基礎研究”, 日本機械学会 2015 年ロボティクス/メカトロニクス講演会講演文, 2A2-I09, 2015
- [5] 釘宮慎太郎, 山辺一輝, 菊池武士, 井上昭夫: “上肢リハビリロボットの作業療法ソフトウェアの開発”, 2014 年日本機械学会九州支部大分講演会予稿集, 2F3, 2014
- [6] Vincent S Huang and John W Krakauer, Robotic neurorehabilitation: a computational motor learning perspective, Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 6(5), 2009
- [7] 岩崎テル子, 小川恵子, 小林夏子, 福田恵美子, 松房利憲: 標準作業療法学 作業療法評価学第 2 版, 2011