15-143-5 上肢リハビリテーション支援装置による高齢者と若年者の操作能力評価

Assessment of the Upper Limb Control of the Senior and Young using Upper Limb Rehabilitation Support System

○後藤 枝里*、大西 謙吾*、池内 秀隆*、宮川 浩臣*、今戸 啓二**、斎藤 之男***

*大分大学 大学院 工学研究科 福祉環境工学専攻、**大分大学 総合科学研究支援センター

***東京電機大学 理工学部 知能機械工学科

*Eri Goto, *Kengo Ohnishi, *Hidetaka Ikeuchi, *Hiroomi Miyagawa

Dept. of Human Wellbeing and Assistive Engineering, Graduate School of Engineering, Oita University

**Keiji Imado, Dept. of Institute of Scientific Research Oita University

***Yukio Saito, Dept. of Intelligent Mechanical Engineering, Tokyo Denki University

1. 背景

現在、日本では高齢化が急速に進んでいる。老化による身体機能の低下は、日常生活動作に不利益が生じる場合もあり、健康管理は高齢者の生活にとって重要な意味をもつ。特に上肢筋力の機能低下は、高齢者の自立を大きく低下することから、自宅でも簡単にかつ継続的に運動トレーニングを行える装置の開発は重要である。

更に、近年日本の頸髄損傷者の受傷年齢は、60 歳以上の発生率が高い^{1,2)}。年齢が高くなるにしたがい、転落事故や転倒事故による発生が主たる原因となっていることが報告されている。在宅介護となる人が大半であることから、在宅で使える高齢頸髄損傷者の健康管理支援技術は重要であると考えられる。

以上のような背景のもと、本研究では、上肢リハビリテーション支援装置の開発を進める³⁾。訓練成果が被験者本人に直接定量的に、また視覚的にとらえることを目的とした訓練プログラムとその評価解析手法を提案する。本紙では、健常な高齢者に対して行った装置の評価について報告する。

2. 上肢リハビリテーション支援装置³⁾

装置はテレビゲーム型のジョイスティック式のシステムでは、ひずみゲージを用いた 3 軸のロードセルを内蔵し、可動領域を有しない。各軸に加えられた力の信号を増幅、A/D 変換し、PC に取り込む。信号は初期値との差分を算出した後、積分した値をマーカの移動量とする。ドリフト、操作性の関係より、力と X、Y マーカの移動量は 2 次関数の関係にした。

ソフトウェアは、円形軌道、稲妻形軌道、花形軌道と目標点提示形モードがある。訓練をする際は、訓練者が自分の訓練したい軌道を選択することができる。円形軌道と花形軌道の画面を Fig.2 に示す。

円形軌道プログラムは安定した筋力の回復を目標にする。花形軌道プログラムは、円形軌道プログラムのように一定の力で円の軌道を周りながらも細かい花びらのような小さな半円を周ることにより、円形軌道プログラムの周期的な運動と稲妻形軌道のプログラムの方向転換などの動作が同時に行われ、訓練過程で、X、Y 軸方向により高い運動負荷を加えることを目標とした。

円形、花形の軌道の実施時間は約 1 分である。軌道上を、ターゲット(赤い円)が X 軸正側の点から一定角速度で反時計回りに動作する。被験者は、ポインタの(緑の四角)がターゲットの円の内側に収まるようにタイミングを合わせ追跡することを操作目標とした。

Fig.1. Upper Limb Rehabilitation Support System

Fig2. Circle Training Trajectory (Left) and Flower Training Trajectory (Right)

3. 被験者実験

本実験では、上肢に障害のない高齢者と若年者を対象に実験を行った。

被験者は、高齢者男性 3 名、女性 3 名(平均年齢 66.2 歳)、20 代男性 5 名、女性 2 名(平均年齢 23.9 歳)とした。

実験条件として、被験者は全員非利き手(左手)で操作を行い、円形、花形の 2 つの軌道プログラム 1 周を 1 セットとし、それぞれの軌道を各 3 セットを 1 回とする。被験者は椅子に座し、コントローラを膝の上に置いた状態で操作を行う。訓練軌道を実施する上で、それぞれ軌道の影響による偏りを防ぐために、軌道の順番を入れ替えた 2 つのグループで実施した。また、実験順序は無作為で、被験者は実験を行う直前まで順番を知らされないものとした。

また、今回の実験においては、座り方や操作時における腕の姿勢や操作対象でない手の使用方法については言及しなかった。このため、個人差はあるものの、みな、両足を床につけ、大腿部でコントローラステージを軽く挟む状態で、左手の上腕は体側に近い姿勢で、肘を約 90° に曲げ、グリップに手を入れていた。また、グリップは回内外 0° の位置で前腕を保持しているが、手指でグリップを握り、操作に合わせ、手首の関節の掌背屈を行っていた。この手首の回転運動は計測値には影響を及ぼさない。

4. 結果

高齢者と若年者の花形軌道の測定データのうち、特徴のあるものを示す。訓練軌跡は、第2、第3象限の操作がうまくできていない被験者がいることが確認できた(Fig.3)。力の操作信号、 F_x 、 F_y は、急激に大きく変化する被験者がいることが確認できた(Fig.4)。また、力 F_x - F_y を描いたグラフ(Fig.5)では、若年者は $-40 \leq F_x \leq 40$ 、 $-60 \leq F_y \leq 60$ の範囲に、高齢者は $-50 \leq F_x \leq 50$ 、 $-70 \leq F_y \leq 70$ の範囲に力の信号が固まっていることが確認できた。高齢者は、力の信号が固まった周りに、さらに力の信号が散乱していることが確認できた。

5. 考察

高齢者と若年者の花形軌道の測定データについて、比較を行った。円形軌道のようなはっきりとした力の周期性やイン칭ング操作⁴⁾などは、今回の花形軌道からは見られなかった。しかし、軌道の操作方向が回転中心方向に対して鋭く切り替わるところで力の操作信号(Fig4(SD))が大きくなることが確認できた。また、第2、第3象限の操作がうまくできていない被験者がいることが確認できた。この被験者は力の操作信号の第2、第3象限のところでも大きな信号を出していることが Fig.4(SD)からも分かる。

Fig.5 より、高齢者は若年者よりも大きな力の操作信号を出していることが分かる。また、軌道をほぼ正確になぞれている全若年者と高齢者 SC は、力 F_x - F_y を描いたグラフ(Fig.5)で、中心に空洞が確認された。これに対し、軌道を性格になぞれていない高齢者では、拡張した模様や、偏りのある模様となっていた。このことから、軌跡を正確に描ける被験者は、安定した力の操作を行っていることが分かる。しかし訓練軌跡の正確さに関わらず、実験中の高齢者の感想からも、第2象限、第3象限のジョイスティックを手前に引く操作が難しいことが分かる。若年者、高齢者ともに、ジョイスティックの操作能力、訓練内容の把握により力の分散に大きな差が生じることが分かる。また、3回、同じ軌跡を繰り返すうちに訓練内容がよくなる被験者がいた。このことから、学習速度により、個人差が大きいことが分かる。

以上より、訓練軌跡を変えることにより、被験者個人の操作力、操作特性を調べるための指標にも役立つと考えられる。

6. まとめ

本装置は、在宅で使用できる上肢機能訓練装置の開発を最終目的とする。本研究では訓練成果の評価を中心に報告し、高齢者と若年者とのパフォーマンスの違いを被験者実験により検証した。軌道を複数用意することで、モチベーションの維持ばかりでなく、被験者の能力を多角的に評価できることが確認できた。今後、被験者の数を増やし、操作能力の変化の違いをより詳しく、検証していく。さらに肩部に障害のある患者の訓練についても並行して実験を進める。

参考文献

- 住田幹男,徳弘昭博,真柄彰,豊永敏宏,内田竜生; 脊髄損傷 outcome—日米のデータベースより—,医歯薬出版株式会社 (2001), pp28-33
- 高橋秀寿; 高齢者頸椎損傷への多面的リハビリテーションアプローチ, リハビリテーション医学, 38(3), 2001,194-196
- 大西謙吾,宮川浩臣,宇留島有史,音琴浩,斎藤之男; 頸椎損傷者の上肢機能訓練装置に関する研究, 生活支援工学系学会連合大会講演予稿集, 2003, 62
- 井手将文, 藤家馨,御手洗謙二,黒須顕二; 頸椎損傷者における単速度動作特性をもつジョイスティックの操作特性, 人間工学, Vol.31, No.2, 1995, 141-149