

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 31 日現在

機関番号：34104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350799

研究課題名(和文)パラリンピック選手の競技力強化のためのロボットスーツを用いたトレーニング法の開発

研究課題名(英文)DEVELOPMENT OF ROBOTIC EXERCISE FOR PARALYMPIC PLAYERS

研究代表者

畠中 泰彦 (HATANAKA, YASUHIKO)

鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・教授

研究者番号：10309601

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：近年、リハビリテーションにおけるロボットの活用は発展している。本研究では車椅子スポーツ選手のためのロボットを用いたトレーニング方法を提案する。本研究では、動作解析システムを使用し、運動前後の投球パフォーマンスを比較した。生体電位をトリガーとする外骨格ロボットであるHAL (Hybrid Assistive Limb) を用い、500回の繰り返し運動を実施した。即時効果として体幹の安定性増大、肩関節可動域の拡大、投球速度の増大がみられた。本研究の結果は、ロボットを用いたトレーニング方法の有効性を示すと考えた。

研究成果の概要(英文)：In this decade, application of robots for rehabilitation has been developing. Especially in neuro-rehabilitation, motor learning is one of the most important key word. To maximize the effect of motor learning, we should clarify the key muscle and adequate intensity. We propose the new method of robotic rehabilitation. We employed a motion capture system and ground reaction force platforms to calculate kinematic and kinetic parameters to compare the motor performances between before and after exercise. HAL (Hybrid Assistive Limb :) was employed for the exercise, which is a humanoid exoskeletal robot, which triggers are bioelectrical signals. Immediate and after effect of motor performance could be observed in some cases of the subjects. Our results indicate that indication of the robot rehabilitation should be precise, and its method should be sophisticated.

研究分野：障がい者スポーツ バイオメカニクス

キーワード：障がい者スポーツ 運動学習 ロボティクス 動作解析

### 1. 研究開始当初の背景

2020年東京オリンピック、パラリンピック誘致成功を受け、パラリンピック競技でのメダル獲得への期待が高まっている。一方、パラリンピック競技は選手人口が少なく、競技自体が特殊であることから、オリンピック競技のような科学的なトレーニング方法が積極的に導入されてこなかったことも事実である。また、近年、装着型パワーアシストによるリハビリテーションが、世界的に広がりを見せている。特に日本では、筑波大学の山海嘉之教授により開発されたロボットスーツ HAL (以下、HAL) が日本各地の医療機関、福祉施設でリハビリテーションに導入されているほか、米国、ドイツ、スウェーデンでも臨床試験が開始されている。この方法の導入により、脳卒中、脊髄損傷患者の歩行障害に回復が認められることが報告されている。この方法の機能回復メカニズムの詳細は研究段階であるが、我々はパラリンピック選手のトレーニングに導入し、パフォーマンスの劇的な向上が見込めると考えている。

### 2. 研究の目的

脳性麻痺の運動障害は、一見皆同じように見えるが、脳の障害部位、範囲、発症後の経過期間により、個人差が大きいことは広く知られている。さらにリハビリテーションの内容や生活習慣によっても筋緊張の程度は、発症後数ヶ月経過しても変化する。また、検証の重要点は、股関節(骨盤)制御のためのトレーニングにより座位姿勢がより正常化するか、さらに投擲パフォーマンスにどのように反映するかである。

近い将来、ロボット技術を応用したトレーニング、義肢装具が、リハビリテーションの一分野を担うことが予測される。しかし、その運用方法の研究はハードウェアと比較して芳しい発展が見られない。本研究の特色は、運動学習理論に基づいたプロトコルで、理学療法士一人の人力では不可能なアシストをロボットが加えることで、対象者個々に最適なトレーニングが実施できる点である。結果として、効率良く脳性麻痺者の競技力向上が図れることが期待できる。

### 3. 研究の方法

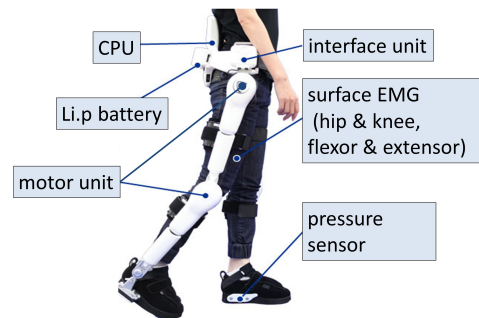
本学保有のモーションキャプチャ装置 (Vicon612), を用いて運動計測を行い、即時効果としてトレーニング前後の比較, さらに短期, 長期効果としてトレーニング期間 (1, 5回目) の前後の比較を行った。

比較パラメータを以下に示す。

- 1) 座位での体幹角度
- 2) 重心位置 (バランスの指標)

- 3) リーチ距離
- 4) 投擲距離
- 5) 上肢関節角度, 速度, 加速度
- 6) 下腿, 足部の筋緊張が高い症例には表面筋電計を用いて, 異常筋緊張の変化 (低下) の指標とした。

HALの概略を下図に示す。



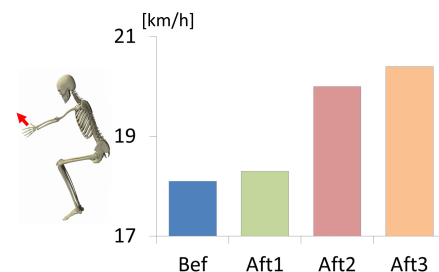
トレーニングの方法を以下に示す。

- 1) 被験者の身体機能に合わせ、トレーニングの姿勢を選択する。椅座位, 懸垂装置を使用した介助立位, 平行棒を保持して立位, 歩行
- 2) 大殿筋, 大腿直筋に表面筋電電極を添付し, 活動電位を測定し, アシストレベルを設定した。
- 3) 選択した姿勢にて股関節屈曲, 伸展, 各 500 回の自動運動 + 介助運動を繰り返した。

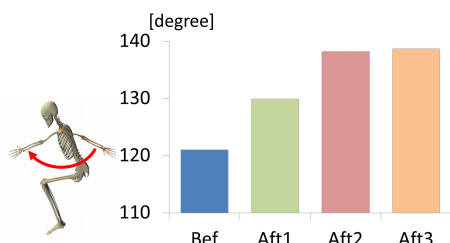
運動イメージのフィードバックのため, 運動後にビデオ映像を被験者に提示した。

### 4. 研究成果

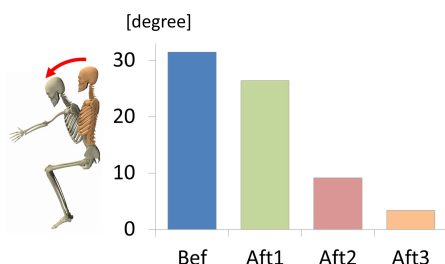
- 1) ボールリリースの瞬間の手先の並進速度はトレーニング後, 増大した。



- 2) 投球中の肩関節の屈曲可動域はトレーニング後、増大した。



- 3) 投球中の体幹の前傾可動域はトレーニング後、増大した。



- 4) 5回のトレーニング期間を通じ、大殿筋の筋活動は増大した。  
 5) 当初予測された結果の他、著明な変化として被験者の立ち上がり能力が挙げられる。トレーニング前はほぼ全介助であったが、5回のトレーニング終了後、前方の手すりを保持して立ち上がり、立位保持が可能となった。トレーニング期間中、特に別の練習は行っておらず、トレーニング中に学習した「体幹前後傾の際、大殿筋を働かせる」運動の自主トレのみであった。さらに実際の競技会においても前年度の成績を大きく上回る結果となった。

以上より、ロボットを用いたトレーニング、運動学習は競技力向上への貢献に期待できると考えた。

<引用文献>

Schmidt, RA. (1975). Psychological Review 82 (4): 225-260.

Huang, VS. (2009). J Neuroeng Rehabil 25;6:5.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

Hatanaka, Y. et al. BIOMECHANICAL EFFECT OF ROBOTIC EXERCISE FOR BOCCIA PLAYERS WITH CEREBRAL PALSY, 21st Annual Congress of the European College of Sport Science in Vienna. 2016, Vienna.

〔図書〕(計1件)

Yasuhiko Hatanaka, et al., Neurological Physical Therapy, Application of Robotics for Therapeutic Exercise of Neural Disorder. ISBN 978-953-51-3114-4, Print ISBN 978-953-51-3113-7, 2017, pp.215-224

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 出願年月日：  
 国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 取得年月日：  
 国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.intechopen.com/articles/show/title/application-of-robotics-for-therapeutic-exercise-of-neural-disorder>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

畠中 泰彦 (Hatanaka Yasuhiko)  
 鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・理学療法学科・教授  
 研究者番号：10309601

##### (2)研究分担者

山口 和輝 (Yamaguchi Kazuki)  
 鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・理学療法学科・助手  
 研究者番号：20725030

奥田 邦晴 (Okuda Kuniharu)  
 大阪府立大学・地域保健学域・総合リハビリテーション学類・教授  
 研究者番号：20269856

齋藤 恒一 (Saito Koichi)  
 鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・理学療法学科・助手  
 研究者番号：10601734

多田 智美 (Tada Satomi)  
鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・理学療法学科・助教  
研究者番号： 70746007

片岡 正教 (Kataoka Masanori)  
大阪府立大学・地域保健学域・総合リハビリテーション学類・助教  
研究者番号： 60611910

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：

(4) 研究協力者  
( )