

## 自己評価報告書

平成23年 4月27日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20360118

研究課題名（和文）極限環境下における電気刺激Hybrid運動法の整備に関する研究

研究課題名（英文）Research on General Approach to Hybrid Training in Extreme Environment

研究代表者

田川 善彦（TAGAWA YOSHIHIKO）

九州工業大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：70122835

研究分野：バイオメカトロニクス

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：医療福祉、極限環境、廃用性萎縮、宇宙医学、電気刺激、トレーニング、支援、  
ヒューマンコンタクトテクノロジー

## 1. 研究計画の概要

Hybrid 運動法の原理は、自発筋収縮と電気刺激収縮の混合運動であるので、Type I と II の両線維が活動する特異な運動様式を持つ独自の運動法である。これまでに種々の部位に対してHybrid 運動法の検証を行い、効果を確認してきた。

微小重力の宇宙やそれと類似の臥床時は、人間にとって極限環境である。本研究は、極限環境における長期滞在者の筋・骨の廃用防止や刺激モード変更による運動機能障害者の運動支援、さらにスポーツ選手の効果的筋力増強などを可能とする自家筋駆動型電気刺激 Hybrid 運動法の整備とユビキタス利用を目指す。

このために以下の項目を明らかにする。

- (1) 刺激電圧の周波数・強度の選定
- (2) 刺激用表面電極の特性
- (3) Hybrid 運動法に適した表面電気刺激装置の開発
- (4) Hybrid 運動法の末梢神経への影響
- (5) ウェアラブルスーツのインテリジェント化
- (6) バーチャルリアリティ(VR)による Hybrid 運動法
- (7) 極限環境下滞在者への Hybrid 運動法の適用
- (8) 運動支援

## 2. 研究の進捗状況

計画達成のため解明すべき事項として、8項目を上げた。各項目に対して記述する。

(1) 刺激波形が矩形波では筋出力が大きく、正弦波では痛み軽減が顕著であった。回路作製上、前者を採用した。さらに安全面から電

流制限を設定し、定電圧または定電流を選択可能とした。

(2) 刺激電極の長期の使用を前提に、使い捨てゲル電極に代わる銀織布製電極を試作し、含水時にハイドロゲル型と同等の性能を有した。

(3) 小型・軽量の関節角変位センサの開発やVRとの交信円滑化のため無線通信を高速化した。また宇宙仕様電磁環境適合性評価により、装置本体に問題は無く、無線通信が脆弱、刺激電極部遮蔽が必要と判明した。

(4) C6レベル脊損者の前腕にHybrid様式の長期刺激を加えた結果、可動域や筋量の増大を認めたが、自発運動の改善はなかった。また高齢者の深部筋にエルゴメータハイブリッド運動を試み、活動性が向上した。何れにも改善点がみられ、抹消神経の効果的関与が示唆された。

(5) 主動筋・拮抗筋上の刺激電極への通電端子や筋音センサ設置を装着ウェア前面にまとめ、配線の煩わしさを改善した。このウェアへの小型・軽量の刺激装置装着によりユビキタスな利用が示唆された。

(6) 宇宙でのハイブリッド運動にVRを併用できるよう、刺激装置との機能分担を決定した。

(7) 電気刺激足こぎエルゴメータにHybrid運動を取り入れ、脳賦活を近赤外分光法により検証したが個体差や計測条件による差異がみられた。また高齢者の膝筋力の強化に、座位によるHybrid膝屈伸運動を適用し増強を認めた。

(8) 電気刺激足こぎエルゴ運動の計算機シミュレーションを実機で検証した。上肢では、FES 位置決め制御系の開発、手指の個別動作、手首の各種動作、物体把持動作を実現した。一方、刺激時の過負荷を筋音により検証し、筋電と異なる特性

を得た。また刺激装置のスポーツ矯正利用を試みた。

### 3. 現在までの達成度

- ② おおむね順調に推移している。  
(理由)

解明すべき8項目を設定しほぼ達成した。ただし実験が長時間になるなどの制約上、項目によっては患者への協力依頼を見送る必要が生じた。このため運動機能の衰えた高齢者にとって地上での生活の場が極限環境である考え、高齢者への適用と方針を変更した点が当初の計画と異なる。

人と接する技術には新たな課題が出現し、計画の見直しが生じた。この分野の整備を再認識した。

### 4. 今後の研究の推進方策

これまでの進捗結果により次の課題を推進する。

#### (1) 高齢者の Hybrid 運動

歩行や姿勢保持に重要な腸腰筋は深部筋であるため強化には工夫が必要である。ここではエルゴ運動時に大殿筋電気刺激を併用する Hybrid 運動群とエルゴ運動群の実験を行い、強化の検証を行う。また筋量を生体インピーダンスにより評価する。

#### (2) 運動支援

① 下肢疾患を対象として座位から立位への計算機シミュレーションを試み、疾患の実験結果と比較する。同時に下肢の単関節筋、二関節筋への個別電気刺激によって二種の筋の機能の違いを明らかにするとともに、電気刺激による上体運動制御が関節負荷に与える影響を検証する。

② 高齢者や下肢疾患に適した電気刺激による歩行運動支援を試みる。ここでは歩行時に比較的取得が容易な加速度データを基に、NNにより立脚相・遊脚相の細分化を試み、電気刺激の周波数、タイミング、強度を決定する。

③ 在宅でも手部の TES 運動が実現できる柔軟で装着性に優れた装具を開発するとともに、運動を感知する小型・軽量のセンサを開発する。

④ C6レベルのせき損患者に協力を求め、把持動作のフィードバック制御に取り組む。

⑤ 複雑な特性を有する筋の制御は大きな課題であり、単純適応制御系の構築を試みる。

⑥ Hybrid 運動のユビキタスな利用方法を検討する。

### 5. 代表的な研究成果

(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 10 件)

- ① Takuya Watanabe, Yoshihiko Tagawa, Naoto Shiba; Mapping Method Using A Super Multi-Electrical Stimulation Device, Proceedings of the 15<sup>th</sup> IFESS Annual Conference, 121-123 (2010), 査読有
- ② Yoshihiko Tagawa, Naoto Shiba (他 6 名、7、8 番目); Increasing Muscle Strength and Mass of Thigh in Elderly People with the Hybrid-Training Method of Electrical Stimulation and Volitional Contraction, Tohoku J. Exp. Med., 221, 77-85 (2010), 査読有
- ③ Naoto Shiba, Yoshihiko Tagawa (他 6 名、2、7 番目); Development of a Training Method for Weightless Environment Using Both Electrical Stimulation and Voluntary Muscle Contraction, Tohoku J. Exp. Med., 220(1), 83-93 (2010), 査読有
- ④ Ken Suetsugu, Yoshihiko Tagawa, Naoto Shiba; FES Position Control of Forearm Using EOG, LNCS5506, 494-503, Springer-Verlag (2009), 査読有

[学会発表] (計 35 件)

- ① 田川善彦, 志波直人 (他 3 名); 拮抗筋への電気刺激による腸腰筋と下肢筋の強化、第 17 回日本 FES 研究会学術講演会、2010 年 12 月 4 日、久留米大学
- ② 田川善彦 (他 3 名); FES サイクリング時の脳活動の計測、第 28 回計測自動制御学会九州支部学術講演会、2009 年 11 月 28 日、九州大学

[図書] (計 1 件)

- ① 志波直人, 田川善彦; 電気刺激療法, 神経疾患 最新の治療 (小林祥泰, 水澤英洋編集), 65-71, 南江堂 (2009).

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

- ① 名称: 電氣的筋肉刺激用着用具  
発明者: 志波直人, 田川善彦、他 4 名  
権利者: 学校法人久留米大学、国立大学法人九州工業大学、他 4 機関  
種類: 特許  
番号: 国際出願番号 PCT/JP2008/061548  
出願日: 2008 年 6 月 25 日  
国内外: 海外 (EPC、中国、米国、韓国)

[その他]

ホームページ

<http://lab.cntl.kyutech.ac.jp/~tagawa/index.html>