

## 電気刺激による筋疲労特性の検討

石川佳徳<sup>1</sup>, 太田憲<sup>2</sup>, 兵頭明<sup>3</sup>, 八木透<sup>1,4</sup>

東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻<sup>1</sup> 国立スポーツ科学センター<sup>2</sup>  
後藤学園ライフエンス総合研究所中医学研究部<sup>3</sup> 独立行政法人理化学研究所<sup>4</sup>

### Study on muscle fatigue characteristic by electrical stimulation

Yoshinori Ishikawa<sup>1</sup>, Ken Ohta<sup>2</sup>, Akira Hyodo<sup>3</sup>, Tohru Yagi<sup>1,4</sup>

Department of Mechanical and Environmental Informatics, Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan<sup>1</sup>

Japan Institute of Sports Sciences, Tokyo, Japan<sup>2</sup>

Research Unit of traditional Chinese Medicine, Goto College of Medical Arts and Sciences, Tokyo, Japan<sup>3</sup>

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Japan<sup>4</sup>

#### 1. 序論

生体への電気刺激を用いた医療機器には様々なものが存在する。例えば、肢体不自由者の支援技術として機能的電気刺激（以下 FES）というものがあるが、これは生理状態よりも早期に筋疲労を生じるといった問題がある<sup>[1]</sup>。一方、広く一般に普及している低周波治療器は筋疲労を改善する機器である。つまり生体への電気刺激の影響に差異が存在しているのである。そこで本研究では、運動中の筋肉へ電気刺激を行い、筋疲労の抑制・促進の条件を探ることを目的とする。

#### 2. 実験概要

刺激対象筋を大腿直筋として、被験者に継続的な電気刺激をした状態で等速性膝関節伸展運動を 5 セット（10 回+休憩 1 分/1 セット）行わせ、その間の筋出力を測定した。また電気刺激は、単極性矩形パルスの双極刺激で、周波数とパルス幅を設定し、電流値は無知覚強度とした。評価方法は、各筋出力項目の時間変化を算出し、刺激測定脚と同脚の無刺激データを比較データとして電気刺激の影響を評価した。

#### 3. 実験結果

##### (I) 20Hz 200 $\mu$ s (10 例)

10 例中 4 例で電気刺激時の筋疲労抑制傾向が観測された。Fig.1 は運動における平均パワーがセット毎に推移する様子を、Fig.2 は全ピークトルクの推移を示した典型的なデータである。Fig.1 よりコントロールと比較して電気刺激時では筋出力の減少が抑制されており、4 例中 1 例では 5 セット目を終えた段階で約 20%もの違いが観測された。また Fig.2 からは、2 セット目以降コントロールより電気刺激時の方がピークトルクが大きくなっていることが観測された。

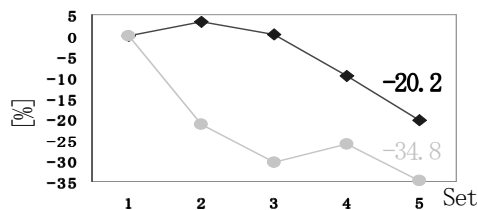


Fig.1 平均パワー変化率

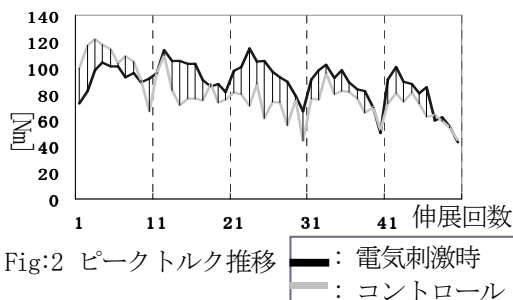


Fig.2 ピークトルク推移  
—: 電気刺激時  
---: コントロール

##### (II) 10Hz 200 $\mu$ s (5 例)

この条件では、5 例中 3 例で電気刺激による影響が小さいという結果が観測された。

#### 4. 考察

刺激頻度の高い 20Hz の方が筋疲労抑制傾向が観測された。疲労し続ける筋肉の筋出力を維持するには、神経信号の同期化そして神経信号の発火頻度の上昇、外部刺激により強縮性収縮を生じさせる方法がある。今回の結果は、運動中の筋疲労前においては生理的最大の神経信号発生数（20~25Hz）の値に近い「20Hz 200 $\mu$ s」で神経インパルスの同期化が強まったことと、運動中筋疲労後においては「20Hz 200 $\mu$ s」で強縮性収縮が生じて筋出力の維持または増加が起こったことで、筋疲労抑制の傾向が観測されたと推察できる。そして「10Hz 200 $\mu$ s」ではインパルス同期は小さく、単収縮のみ起こるが筋出力への影響は小さいので、結局、電気刺激の影響が小さく観測されたと推察できる。

#### 5. 結論

本研究では、電気刺激の周波数が神経信号の最大発火頻度に近い値で筋疲労抑制の傾向があるという知見が得られた。今後は刺激パラメータや刺激強度などをさらに検討して、より細分化された電気刺激条件での筋疲労抑制効果を目指す。そして将来的には長時間継続使用可能な FES の開発や筋疲労を抑制する工学システムの開発を目指す。

#### 6. 参考文献

[1] 島田 洋一：機能的電気刺激による Catch Property を応用した筋疲労抑制。2005