

運動障害と機能的電気刺激 (FES) による運動機能再建の研究

東北大学大学院 障害科学 半田 康延

1: はじめに

交通事故は、しばしば、脳や脊髄、末梢神経などを損傷し、人体の運動機能に重篤な障害をもたらす。このような運動障害は不可逆的であることが多く、交通事故被害者は一生不自由な生活を余儀なくされる。

このような中枢性および末梢性運動機能障害に対し、近年電気刺激療法が有効であることが報告されてきている。すなわち、少しでも随意的な運動が可能な不全麻痺では、治療的電気刺激 (TES) によって随意性の向上が認められ、完全麻痺例では、末梢神経障害を除き、機能的電気刺激 (FES) による筋収縮制御によって、麻痺部位の運動機能再建が可能となってきた。今回は、脳、脊髄、末梢神経障害による運動麻痺に対する TES および FES について概説したい。

2: TES

脳挫傷や脊髄損傷による中枢性運動ニューロン障害による不全麻痺においては、四肢の随意性の低下が、筋力低下のみならず、痙攣や固縮などの筋緊張異常によっても生じる。TES は筋に分布する神経 (これを筋枝という) を刺激する。筋枝の中には筋収縮を引き起こす運動神経と、筋や腱の感覚情報を脳や脊髄に送る知覚神経とがある。運動神経への TES によって筋収縮訓練を長期的に行うと、筋萎縮の改善と筋力の増強効果を期待することができる (遠心性効果)。また、筋の長さを検知する筋紡錘からくる知覚神経刺激によって、筋の痙攣性を軽減し、運動の随意性の向上を図ることができる (求心性効果)。この求心性効果は、TES 開始後比較的早期に現れるもので、しばしば劇的な運動機能回復効果をもたらすことがある。

3: FES

四肢 FES は、失われた手足の機能をコンピュータ制御の電気刺激装置で再建しようとするもので、主として、脳血管障害や脊髄損傷などによる麻痺肢に対して適応される。我々は、皮膚を通して目的とする神経・筋近傍に留置する貫皮的埋込み電極と 30チャンネルの刺激出力を有する FES 装置を開発し、医療機器として認可を得、臨床応用している。ここでは、代表として脊髄損傷に対する FES について述べる。

脊髄損傷では、頸髄レベルで脊髄が障害されると、四肢麻痺となり、FES では麻痺四肢がその対象となる。ここでは、第4頸髄 (C4) から第6頸髄 (C6) までのレベルでの障害が FES の適応となるが、制御対象部位は、損傷レベルが高位となればなるほど増加し、その制御方式も複雑なものとなる。例えば、C4 四肢麻痺は人工呼吸器を用いないで生存しうる最も高位の頸髄損傷であるが、肩の上下程度の運動以外ほとんど上肢を動かすことのできない重篤な四肢麻痺である。このような麻痺四肢では、肩を含め、肘、手関節、手指の全ての関節の制御が必要となる。

C5 四肢麻痺では、肩の動きと肘の屈曲ができるようになるため、座った状態では、手関節と手の FES 制御で、食事やひげ剃り、歯磨きなどの簡単な日常生活動作を行うことができるようになる。C5 四肢麻痺では、さらに手関節が動くようになるため、手の指のみの制御で上肢機能の再建が可能となる。

胸髄レベルで脊髄が損傷されると、下半身が麻痺する対麻痺となる。この場合でも、FES によって起立・歩行機能を再建することが可能である。ことに、車椅子からの起立とその保持は、杖などの支持具は必要なものの、実用性が高く、対麻痺者は立位を保持した姿勢で片手あるいは両手を使うことができるようになっている。このような立位 FES を今後多くの対麻痺者が利用できるように整備したいと考えている。

歩行の FES 制御は、装具を併用する場合には (ハイブリッド FES)、比較的実用性の高いレベルまでに達している。しかし、装具を拒否する患者が、本邦には比較的多く、臨床応用がなかなか難しいのが実状である。しかし、FES だけの歩行制御は、疲労や消費エネルギーの問題が大きく、まだまだ実用的段階には達していない。今後の更なる研究が必要である。

4: おわりに

近年世界的に FES への関心が高まっており、そのための研究予算も増えてきている。21 世紀の障害克服のための新しい治療法として、大いなる発展が期待される分野であり、そのための努力を続けていきたい。