

# FES による起立および立位機能の再建について\*

野口隆敏\*\* 藤田欣也

(国立療養所箱根病院整形外科) (湘南工科大学電気工学科)

**要旨** 对麻痺患者の起立動作と立位保持に際して、機能的電気刺激(FES)の有効性を明らかにするために FES 法, Hybrid 法, LLB 法の 3 法で検討した。その結果、起立動作には FES が、立位保持には LLB が適していることが分かった。このため Hybrid 法が、起立、立位動作時に最適な方法と考えられた。

**Key words** : 对麻痺(paraplegia), 機能的電気刺激(functional electrical stimulation, FES)

## 目的

对麻痺患者の起立動作と立位保持に際して機能的電気刺激(以下 FES)の有効性を明らかにするために以下の検討を行った。

## 対象

全例男性で第 8 頸髄節以下不全麻痺の 1 例, 第 5 胸髄節以下完全麻痺の 1 例, 第 8 胸髄節以下完全麻痺の 1 例, 計 3 例を対象とした。年齢は, 21, 20, 20 歳であった。なお, 全例が昨年の本会で発表した方法で継続して電気刺激を行い、大腿四頭筋による膝関節伸展トルクが、起立動作に必要と思われる 5 kg・m 程度に到達していた<sup>1)</sup>。

## 方法

起立動作と立位保持を行わせる方法として、(1)坐位から、まず大腿四頭筋を刺激して

表 1. Experimental conditions of standing up and upright posture

	Stimulation	Brace
FES	M. quadriceps+ M. gluteus maximus	None
Hybrid	M. gluteus maximus	L. L. B.
Brace	None	L. L. B.

膝関節を伸展して起立動作を行かせた後、股関節を伸展位に保持し、立位保持を容易にするために大殿筋を刺激する FES 法, (2)膝関節伸展位で長下装具(以下 LLB)をロックし装用させ起立動作を行かせた後、大殿筋を刺激する Hybrid 法, (3)LLB のみで(膝関節伸展位でロック)起立動作, 立位保持を行わせる 3 法を原則として行った(表 1)。FES の刺激方法は、表面電極法であった。

測定条件は、起立動作を含む 40 秒間の立位保持動作を平行棒内において行い、その時の床反力 (GRF) を測定、記録した(図 1, 2)。

\* Reconstruction of standing up and upright posture in paraplegic patients by FES.

\*\* Noguchi TAKATOSHI, et al

連絡先: 〒 250 小田原市風祭 412 国立療養所箱根病院整形外科 野口隆敏 電話(0465)22 3196

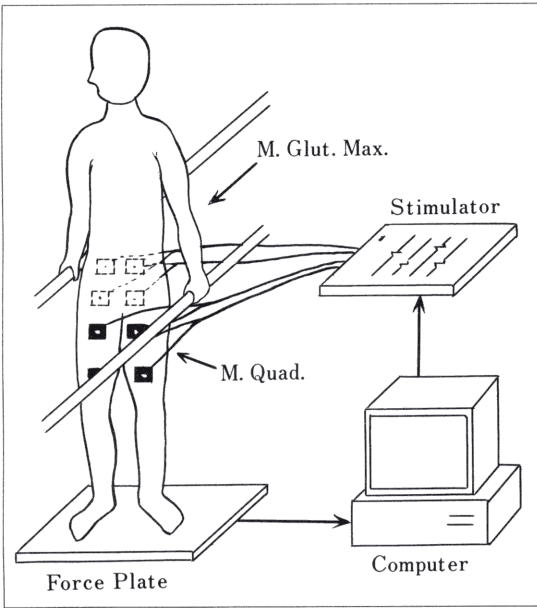


図 1. Experimental set-up

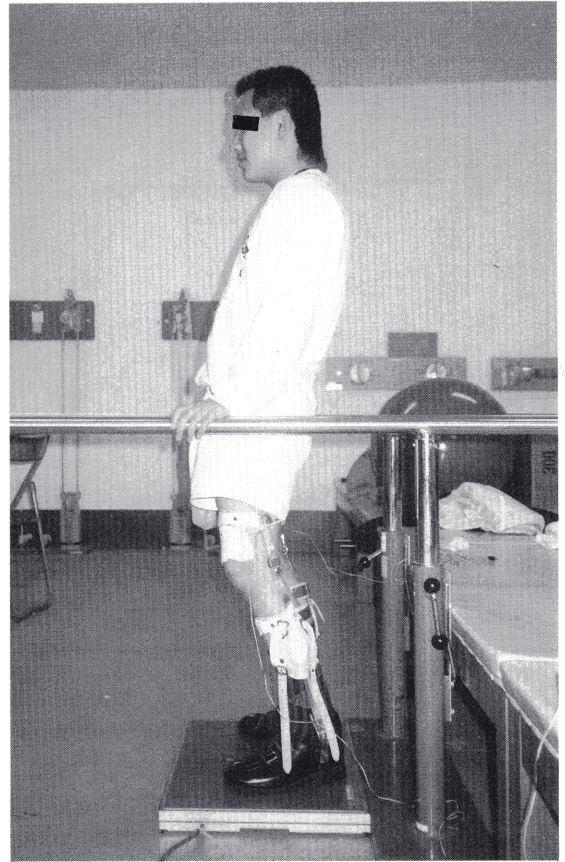


図 2. ▶  
Hybrid FES orthosis

刺激強度(パルス幅変調 0~300  $\mu$ sec)は、試行錯誤により決定した刺激パターンを時系列としてあらかじめエプソン PC286LS に設定しておき、押しボタンスイッチからの開始信号によってプログラムを起動した。このとき床反力計からの信号を12ビット A/D コンバータを介してサンプル間隔 20 msec で記録した。刺激パルスは直流分を除去した単相性電流パルスで、振幅は最大時で 100 mA、パルス周波数は 25 Hz であった。

### 結果および考察

正常例の起立動作、立位保持の床反力、動揺軌跡は図のようである(図3)。次に床反力の経時変化を FES, Hybrid, LLB の3法に

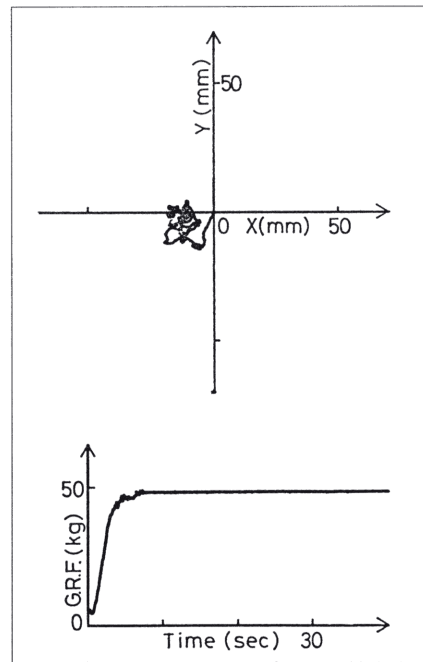


図 3. Standing up with parallel bar

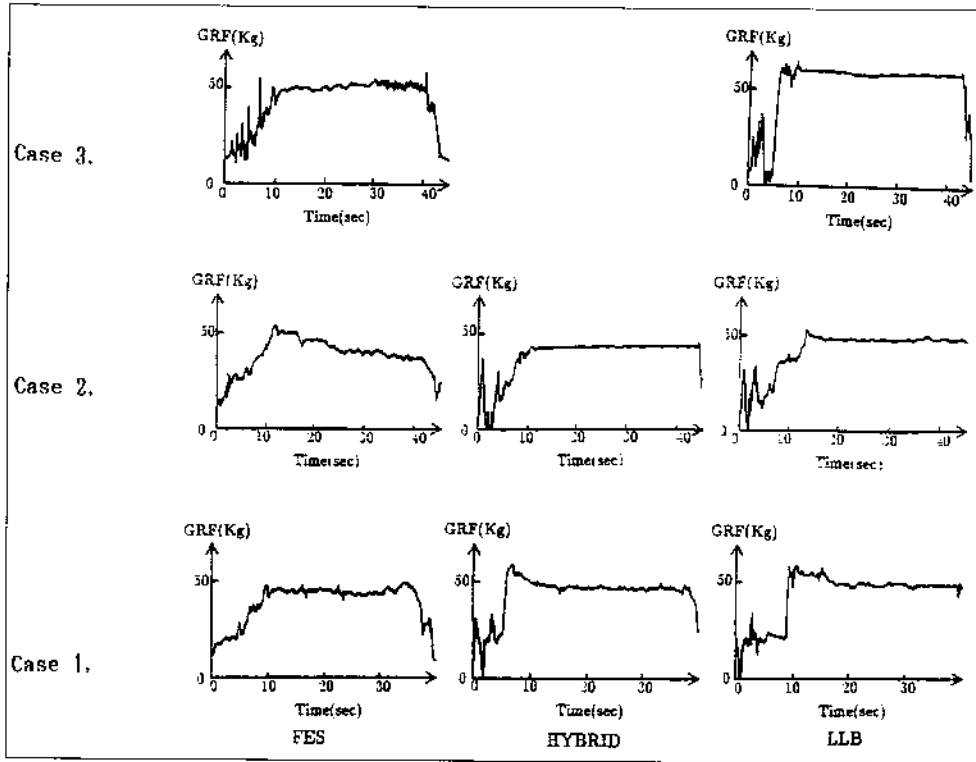


図 4. Ground reaction force

ついて各ケースでみると(症例 3 は Hybrid 法は未実施), 3 例とも FES のみで起立動作を行う時には, 経時的に床反力が増加していたが, 装具を用いる Hybrid, LLB の 2 法では, 起立動作中に床反力がほぼ零になる点が存在した。これは, 膝関節が固定されていると起立動作による前方向への重心移動が大きいため, 一度上肢により全体重を支持した状態で下肢の位置が適切になるように姿勢を修正しているからと考えられた。次に立位姿勢保持中の床反力の経時変化を比較してみると, FES 法にても筋疲労の影響は明らかではなかったが, Hybrid, LLB 法の装具を用いた方が安定していた(図 4)。

即ち, 起立動作においては, 上肢への依存が小さく, 健常人に近い自然な動作をとる FES 法が優位であるが, 立位動作においては LLB を用いた方が利点があることが分かつ

た。

起立動作が完了してからの床反力の動揺軌跡を比較してみると, 3 例の内, 頸髄不全損傷例が最も動揺が大きかった(図 5)。これは, 胸髄損傷に比べ体幹の安定性が不十分であるからと考えられた。

以上より対麻痺患者の起立動作には, 膝関節を固定せず FES を用い, 立位保持には LLB を使用する Hybrid 法<sup>3)</sup>が最も有効であることが分かった。さらに, 体幹の安定を保つためには, Chizeck<sup>2)</sup>, Andrews<sup>1)</sup>らが述べているように股関節や足関節に対して, 姿勢変化に応じた FES によるフィードバック制御を行う方法が有効と考えられた<sup>5,6)</sup>。

## まとめ

1) 対麻痺患者に FES, Hybrid, LLB 法にて起立, 立位保持動作をとらせ床反力, 動

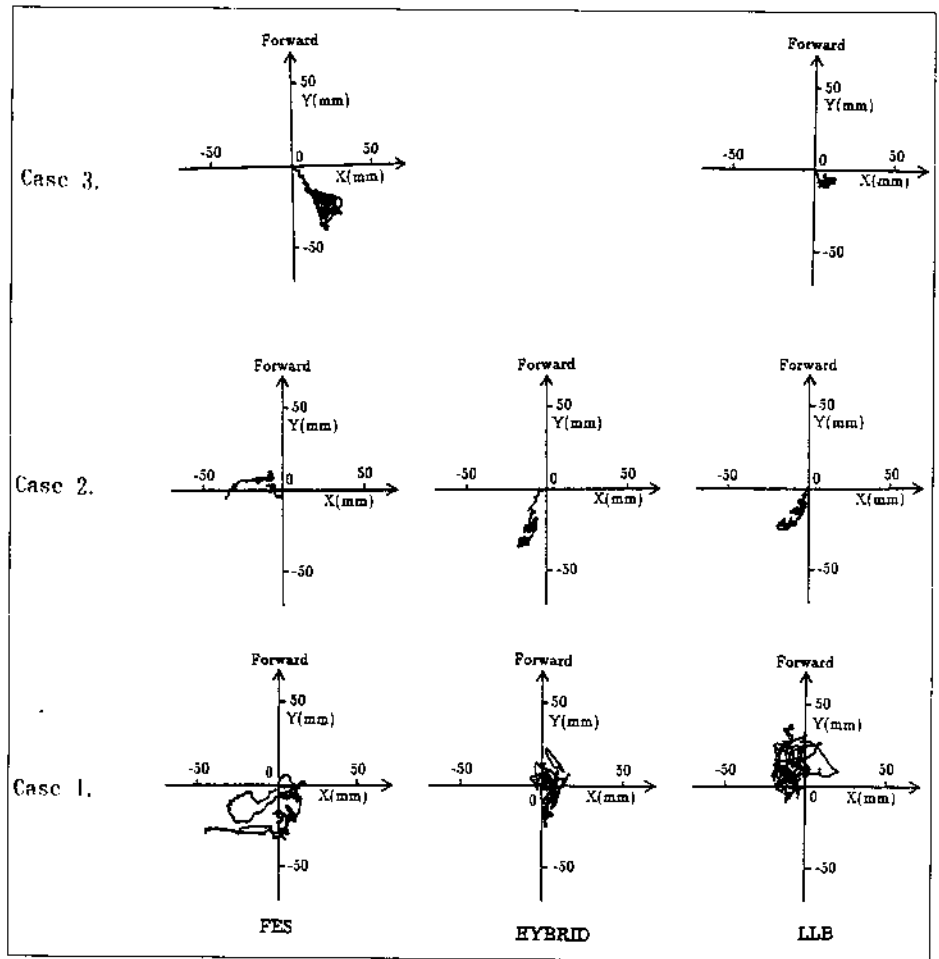


図 5.  
Trajectory of ground  
reaction force  
zero moment point

揺軌跡を測定した。

2) 起立動作には FES が適していた。立位保持には LLB が優位であった。

3) 起立動作には膝関節を固定せず、立位保持は LLB にて固定する Hybrid 法が起立、立位動作時に最適と考えられた。

#### 参考文献

- 1) Andrews, H. J., et al : Hybrid FES orthosis incorporating closed loop control and sensory feedback., *J. Biomed. Eng.*, 10 : 189~195, 1988.
- 2) Chizeck, H. J., et al : Control of functional neuromuscular stimulation system for standing and locomotion in paraplegics., *Proc. IEEE.*, 76 : 1155~1165, 1988.
- 3) 市江雅芳ほか：機能的電気刺激 (FES) による対麻痺の動作再建. *医用電子と生体工学*, 28 : 107, 1989.
- 4) 野口隆敏ほか：対麻痺患者への電気刺激による筋力再強化について. *理学診療*, 2 : 8~11, 1991.
- 5) 藤田欣也ほか：力学的解析にもとづく機能的電気刺激による直立姿勢制御系. 第 11 回バイオメカニズムシンポジウム, 163~171, 1989.
- 6) 藤田欣也ほか：機能的電気刺激による起立および立位機能の再建. 第 11 回バイオメカニズム, 229~232, 1990.

## VI. 一般演題III 運動療法, FES

### まとめ

座長

大井 淑雄

(自治医科大学整形外科学教室)

自宅で毎日できる簡単な運動療法ということで、東京大の渡辺公三氏らが肩関節周囲炎に対し等尺性収縮運動を推薦した。たしかにこの疾患に対しては治療に当たる医師の情熱もあまり大きいとはいえず、結果もどうも思わしくないということもあった。消炎鎮痛剤との併用で外転、外旋、内旋各5秒の1セットを10回これを朝夕の2回に行って、悪化例なく有意義があるというものである。

岩井整形外科内科病院の稲波弘彦氏らは背筋力強化による慢性腰痛症の治療を強調した。腹筋の強化に重点をおくだけでなく背筋の強化はもちろん大切である。このような機器使用が診療報酬に反映されていない現在、より多くの同様の科学的データの集積が望まれる。

変形性膝関節症の膝転度拘縮の頻度は82/134と高率であり、それも放置しておく改善がないという結果が神戸大の北潔氏らによって示された。PTの役割が強調されている。

CPMが有能であることは最近報告も多いが日本大の山本一樹氏らはACLの一次的修復術後に用いて好成績、特に早期にROMの改善域に達することを示した。

Functional electrical stimulation FESを対麻痺患者に使用して起立および立位機能保持に役立せようとする試みが国立療養所箱根病院の野口隆敏氏らにより発表された。起立動作時には膝関節を固定せず立位保持時にはLLBで膝関節を固定する方法(hybrid方式)が良好であるというものであった。

以上5題であるが筋力強化の問題はまだ先々の長い研究命題である。それにつけても記録ができ、長期に客観的にデータを保存し得るさまざまな運動機器はこころ辺りですべて比較検討して、それ相応の評価を与えるべきであると感じた。PTの手によるものはたしかにdelicateではあるが一般的にman powerの入手でき難い場合もあり、またそれを補充するものとして十分価値はあるものと思う。