脳卒中片麻痺患者における FES による歩容の改善

○佐藤健、関口浩文、山中健太郎、木村聡貴、小島成実、山本紳一郎、矢野英雄（国立身体障害者リハビリテーションセンター）、山本敏泰（富山県高志リハビリテーション病院）

Effect of functional electrical stimulation on reconstruct gait in hemiplegia

Takeshi Sato, Hirofumi Sekiguchi, Kentaro Yamanaka, Toshitaka Kimura, Narumi Kojima, Shin-ichiro Yamamoto, Hideo Yano(National Rehabilitation Center for Disabled), Toshiyasu Yamamoto(Koshi Rehabilitation Hospital)

はじめに

高齢化社会を迎えて、脳卒中片麻痺患者の歩行能力の回復を図ることは、我が国のリハビリテーションの中で最も現実的な課題の一つである。日常生活の中でできるだけ介助要員の人的負担を少なくして歩行機能を維持していくことは、患者のみならず臨床サイドの切望するところでもある。リハビリテーションに関係する多様な技術の中で現在もっとも注目されているのが、機能的電気刺激（Functional Electrical Stimulation, FES）と歩行補助補装具を併用したハイブリッド型システムによる訓練方法である。FES による対麻痺者の起立歩行への応用は 1960 年代から行われ、表面電気刺激や経皮埋め込み電極と FES 装置の工学的進歩により日常生活動作を行える研究開発が進められている。また現在では、脊髄損傷者だけでなく、脳卒中片麻痺患者への機能再建手法としても採用されつつある。しかしながら、歩行補装具の開発は盛んであるが、現場で有用に活用されていないのが現状である。そこで本研究は、脳卒中片麻痺患者において、経日的に FES と歩行補助装具を用いた歩行トレーニングを行い、その歩容改善との関係を明らかにすることを目的とした。

実験方法

被験者：脳卒中発症後 3 年程度経過し、10 m 以上杖歩行可能な片麻痺患者 1 名（57 歳、175 cm、60 kg）に実験に参加してもらった。実験に参加の際には十分なインフォームドコンセントをとった。

FES 歩行トレーニング：被験者の患足側に 8 つの電気刺激用表面電極を貼り週 5 日の頻度で FES 歩行のトレーニングを 30 分／日のペース行った。FES トレーニングは、実験介助者 2 名によって、刺激電極の設置や刺激コントローラーの調整等を毎回行った。FES による電気刺激をした対象筋は、1. 長内転筋 (Adductor Longus)、大腿直筋 (Rectus Femoris)、2. 外側広筋 (Vastus Lateralis)、内側広筋 (Vastus Medialis)、3. 大腿二頭筋長頭 (Biceps Femoris long head)、大腿二頭筋短頭 (Biceps Femoris short head)、4. 大殿筋 (Gluteus maximus)、中殿筋 (Gluteus medius)、5. 前脛骨筋 (Tibialis Anterior)、6. 長趾伸筋 (Extensor Digitorum Longus)、7. 腓腹筋 (Gastrocnemius Lateral & Medial)、8. 長母趾屈筋 (Flexor Hallucis Longus)、短腓骨筋 (Peroneus Brevis) であった。被験者に与える FES 刺激強度は、トレーニングを実施する直前に毎回その実行値の閾値と最大値の調整を被験者の愁訴と実験者の判

断で行った。FES 刺激パターンは、健足側に見られる実際の歩行時の筋放電活動を参照して専用のコントローラーを介することによって、それぞれの筋ごとに電気刺激の頻度・強度等のタイミングの調整を行った。歩行トレーニングは、患足側の股関節の屈曲動作を補助する歩行補助補装具も装着した（図1参照）。また歩行補助補装具とFESを用いた歩行トレーニング（図2）期間は、3ヶ月とした。本研究に用いた歩行補助装具は、独自の開発でトレーニングを行った。

測定項目：FESを用いた3ヶ月間の歩行トレーニング前後の下肢片麻痺機能テスト、各種反射機能テスト（伸張反射、H反射、TMS、TVR）、歩行時の3次元動作解析による歩容検査等を行った。

図1 歩行補助具装着でのFES歩行トレーニング

結果・考察

歩行トレーニング後、下肢における以下の関節可動域が増加した：股関節外転・内転、膝関節屈曲。また、歩行補助装具を用いることによって、歩幅が増加し、平均の歩行速度（20 m/分）まで改善した。病院でのリハビリテーション終了後でも、FESによる歩行トレーニングを行うことで関節可動域や歩容の改善があった。FES歩行トレ

ーニング前の歩容に比べて、約2ヶ月で歩幅が1.6倍に改善された。しかし、歩容にマイナス要因として大きく関わる脊髄レベルでの調節能と大脳皮質の興奮性との干渉によって、内反尖足、膝関節拘縮などの障害はFES歩行トレーニング後でも見られた。しかし、伸張反射、H反射などの反射機能検査では、トレーニングの前後では大きく改善された点は見られなかった。

図2 FES歩行トレーニング風景。被験者の患足（左）の靴の中に電気刺激のコントローラーと連結したスイッチが入っている。

まとめ

1. 被験者1名の脳卒中片麻痺患者に、FESと補装具による3ヶ月間の歩行トレーニングを行った。
2. 患足側の股関節の内転、外転、膝関節の屈曲に大幅な改善が見られた。
3. 歩行速度が30%増加し、歩容の改善が見られた。

参考文献 Harold et al., Hybrid functional electrical stimulation orthosis system for upper limb. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998, 77, 276-281