

脊椎損傷患者における体力増強を目的とした 機能的電気刺激を用いたトレッドミル歩行

トロントリハビリ病院 宮谷 昌枝
(共同研究者) 国立障害者
リハビリテーションセンター 河島 則天
ヒューストン大学 T.Adam Thrasher

Exercise Intensity during Treadmill Walking with Gait Patterned FES among Patients with Incomplete Spinal Cord Injury

by

Masae Miyatani

Lyndhurst Centre, Toronto Rehabilitation Institute

Noritaka Kawashima

*Research Institute of the National Rehabilitation Center
for Persons with Disabilities*

T.Adam Thrasher

Health & Human Performance, University of Houston

ABSTRACT

It is challenging for individuals with incomplete spinal cord injury (SCI) to achieve the required fitness level to prevent ensuing secondary complications such as coronary artery disease. The additional muscle activity induced by gait patterned functional electrical stimulation (GP-FES) may help these individuals to achieve the required fitness level. The purpose of this study is to assess the feasibility of increasing exercise intensity in individuals with SCI using GP-FES assisted walking on a treadmill. Subjects

were three male individuals with SCI. All three individuals had motor-incomplete lesions, levels T6, C4 and T10 and were 39, 45 and 50 years age, respectively. The test protocol consisted of sequential four-minute long session of: 1) Without GP-FES walking (Non-GP-FES assisted walking), 2) GP-FES assisted walking, and 3) 2nd Non-GP-FES assisted walking. GP-FES was applied to the quadriceps, hamstrings, tibialis anterior, and triceps surae muscles using a surface electrical stimulation system. Oxygen consumption (ml/kg/min) was measured during each trial. In all subjects Oxygen consumption increased during GP-FES-assisted walking (Subject A : 14.5, B : 19.1, C : 17.0: ml/kg/min) as compared to that of the Non-GP-FES assisted walking (1st Non-GP-FES assisted walking: Subject A : 13.4, B : 18.2, C : 17.0: ml/kg/min; 2nd Non-GP-FES assisted walking: Subject A : 13.1, B : 17.8, C : 17.5: ml/kg/min). METs values during 1st Non-GP-FES assisted walking were 3.8, 5.2, and 4.8 METs, while METs values during GP-FES assisted walking were 4.2, 5.5, and 5.5 METs in subject A, B and C, respectively. In conclusion, Oxygen consumption increased during GP-FES assisted walking compared to Non-GP-FES walking. GP-FES assisted walking has a potential of increasing exercise intensity for individuals with SCI. Further randomized control studies to investigate the training effect of the GP-FES assisted walking is required.

要 旨

本研究では、歩行パターン機能的電気刺激 (Gait patterned functional electrical stimulation: GP-FES) 歩行運動を下肢不全麻痺の脊椎損傷 (SCI) 患者に適用し、その運動強度を明らかにすることを目的とした。4ヶ月のGP-FES歩行トレーニング終了者8名の中から12分間の連続トレッドミル歩行運動を実施可能であった男性3名 (損傷高位: T6, C4, T10, 年齢: 39, 45, 50歳) が測定に参加した。運動プロトコルは反転法を用い、2分間安静の後、1) GP-FESなしの歩行 (Non GP-FES歩行), 2) GP-FES歩行, 3) Non GP-FES歩行をそれぞれ4分間ずつ連続12分間のトレッドミル歩行運動であった。GP-FESは、大腿四頭筋、ハムストリングス、下腿三頭筋、前脛骨筋に対して表面電気刺激装置を用いて行われた。運動中は

連続的に酸素摂取量 (ml/kg/min) を記録した。運動強度の指標としてMETs値を酸素摂取量から計算した。その結果、すべての被験者において、GP-FES歩行中の酸素摂取量 (被験者A : 13.4, B : 18.2, C : 17.0:ml/kg/min) は、はじめのNon-FES歩行時 (被験者A : 14.5, B : 19.1, C : 19.1:ml/kg/min) よりも増加し、次のNon-FES時 (被験者A : 13.1, B : 17.8, C : 17.5: ml/kg/min) には、再び減少した。はじめのNon GP-FES歩行時と比較して、GP-FES時における酸素摂取量の増加は、被験者それぞれ8.4%, 4.9%, 12.7%であった。GP-FES歩行中のMETs値は、被験者それぞれ、4.2, 5.5, 5.5 METsであった。本研究の結果から、不全麻痺のSCI患者において運動中の酸素摂取量を増大させる効果、すなわち運動強度を増大させる効果が、GP-FESにあることが実証された。今後は、より大きな被験者

集団および無作為抽出実験によって、不全麻痺のSCI患者においてGP-FESのトレーニング効果を検討していく予定である。

緒言

脊髄損傷 (Spinal cord injury: SCI) 患者は、車椅子生活を余儀なくされるため、運動不足による体力の低下、それに伴うメタボリックシンドロームや冠状動脈疾患などの高い罹患率が問題となっている¹⁻³⁾。従って、SCI患者は、日常的に体力増強を目的とした身体運動トレーニングを実施することが望ましい。しかしながら、SCI患者は運動機能が麻痺しているために、随意的筋活動による運動実施が困難であり、ひいては体力増強や生活習慣病予防に必要な運動強度の確保が困難である。

SCI患者では、脳で作られた運動指令が筋に到達しない、あるいは不完全に到達するため、運動不全・疾患が生じる。しかしながら、効果器である筋および関節の状態が健全であれば、該当する神経を刺激することで運動不全・疾患のある関節に関節運動を誘発できる。このような目的で用いられる電気刺激を神経筋電気刺激 (Neuromuscular Electrical Stimulation : NMES) と呼ぶ。NMESを用いて、複数筋群を適切なタイミング・強度で刺激することで機能的な運動を補償する方法を機能的電気刺激 (Functional Electrical Stimulation : FES) と呼ぶ (Sheffler and Chae 2007)。例えば、下肢複数筋群を歩行時の筋活動パターンに合わせて電気刺激する場合などがFESと呼ばれ、リハビリテーション現場で用いられている。広く一般的に用いられている歩行トレーニングおよびリハビリテーションに用いられているFESの方法は、大腿四頭筋の賦活により立位姿勢を保ち、引込め反射を誘発して遊脚相を開始させ、立脚相に移行するときに再び大腿四頭筋を刺激するというパターンである。しかしながらこの方法は、反射の馴化

により効率が落ちる、また自然な歩行の筋活動とは異なるという欠点がある。そこでThrasherら (2006) は、健常者における歩行時の下肢筋電図を元にプログラミングされたFES (Gait Patterned FES: GP-FES) を考案し、そのプログラムに基づき下肢筋群を表面電極を用いて刺激し、歩行を補助する方法を開発した⁴⁾。Thrasherら (2006) は、このGP-FES歩行トレーニングをSCI患者に適用し、歩行能力に改善が認められたことを報告している。しかしながら、GP-FES歩行による体力の改善効果またはGP-FES歩行の運動強度は明らかにされておらず、体力増強を目的とした運動処方に一般化するには至っていない。

そこで本研究では、GP-FESトレッドミル歩行運動を下肢不全麻痺SCI患者に適用し、その運動強度を明らかにすることを目的とした。運動トレーニングは健常者においてもそうであるように、至適な運動強度を用いることが必要であるが、本研究ではまず、至適運動強度を探る第一歩として、現在用いられている歩行能力改善としたGP-FESトレーニングがSCI患者の心肺機能改善にどの程度の効果を発揮できる可能性があるかを明らかにした。