

OS2-2

歩行における足部周囲感覚刺激時の位相依存性姿勢保持能力の定量化の試み

An estimation of interlimb control by electrical stimulation of cutaneous nerve around the foot in treadmill walking

○ 山本敏泰 山本直輔 久野弘明 (岡山理科大学)

Toshiyasu YAMAMOTO Naosuke YAMAMOTO Hiroaki KUNO

Okayama University of Science

Abstract: Neuronal interlimb coordination pattern is quantitatively studied on the reflexive walking patterns by electrical stimulation of the cutaneous nerves around the foot. We successfully verified the hypothesis that interlimb reflexes are phase-dependently modulated, and task-dependently assisted for the ongoing locomotion patterns. Electromyographic and kinetic analyses are conducted for the reflexive reaction patterns in the body weight support treadmill walking. The joint moments of the lower legs have been mainly used to assess the reflexive responses on the legs. It will be useful to make the central-pattern-generator (CPG) modelling.

Key word: sensory stimulation, treadmill walking, interlimb control

1. はじめに

近年、歩行の運動制御において、CPGは、脊髄上からのコマンドにより歩行を開始したり、向きを決めたり、速度などの調節を行うと共に、感覚神経からの情報により多様な外乱に対応できるようにフィードバック制御されているが示されてきた。

最近では、日本でもリハビリテーションの領域で、荷重制御式の歩行補助装具を用いた完全な受動歩行訓練を行うことで、脊髄上からのコマンドが無くともCPGの機能が賦活することが報告されている。こうした概念を活用する試みの1つが脊髄損傷不全麻痺者などの訓練を目的とした体重支持トレッドミル歩行訓練であると言えよう。しかしながら、研究報告には下肢の屈曲伸展位に関する筋活動状態を調べたものは多いが、制御工学的な視点からの運動制御の運動力学的な入出力特性が調べられていないのが現状である。

本報告では、足部周囲の感覚神経刺激を行った時の運動制御の反応様式を明らかにしていく事を目的とした。脊髄と、更には小脳などを含む生理学的な交互運動制御機構の研究を通して、定量的な評価手法を確立していくことは今後のリハビリテーションにお

2. 実験の方法

被験者は、20~23歳の健康青年6名である。

実験システムの概要は以下の通りである。歩行実験は、大型の3次元床反力計(600×1800mm)上にトレッドミル(400×

1200mm)を固定した状態で、定荷重バネを用い体重支持を0, 30, 45, 60%に設定して行った。身体の運動は三次元動作分析装置Viconシステムで計測し、筋電図は、両脚下肢主要筋(8ch(脚毎に)×2)から計測した。電気刺激は、足部周囲の腓腹、浅腓骨、及び後脛骨神経に加え、強度は感覚異常閾値の3階程度である。疑似ランダム化刺激とし、1strideを16等分した区間に15試行ずつの刺激を行った。実験結果について、筋電位活動は刺激開始後0.07~0.12s、関節角度、モーメントは0.12~0.20とした。実験データから刺激の影響がないと認められる無刺激時のパターンを検出し、その基本平均パターンとの差を刺激時パターン変化とした。

3. Interlimb controlの特性

代表的な1例を図に示し、腓腹神経刺激時の歩行様式について述べる。立脚期では、被刺激脚足関節では初期の腓腹神経外乱刺激による反応が観察され、次第に中・後期にかけて伸展していき、膝関節は伸展位にある。蹴り出し期には大きく屈曲方向に作用して離床する。この反転作用は体重支持率が上がると見られなくなってくる。対脚では着床前に膝・股関節は大きく伸展作用が見られ、少し遅れて足関節が少し伸展する。体重支持率により対脚の上記の伸展作用は相対的に緩やかになり、足関節でも同様に見える。被刺激脚及び対脚におけるIntralimb controlによる1つの代償動作も観察できたと言えよう。

更に立脚中・後期では被刺激脚への外乱に対応して対脚に

は交互動作を維持しようとする働きがあり、全体として、刺激強度が比較的強い腓腹、後脛骨神経刺激に対しても、両脚は位相依存性の交互動作を行う。大きな被刺激脚に発生した屈曲様の反応の対脚への影響は抑制されており、代償動作により安定性が補償されていると言える。以上から、腓腹神経刺激に対応した非刺激脚の屈曲様の変化に対し歩行を積極的

に維持する interlimb control が確認できた。

謝辞

本研究の一部は、平成 22 年度文部科学省科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究、「歩行訓練用動力装具のための歩行交互動作時の関節駆動制御方策に関する研究」の助成により実施した。

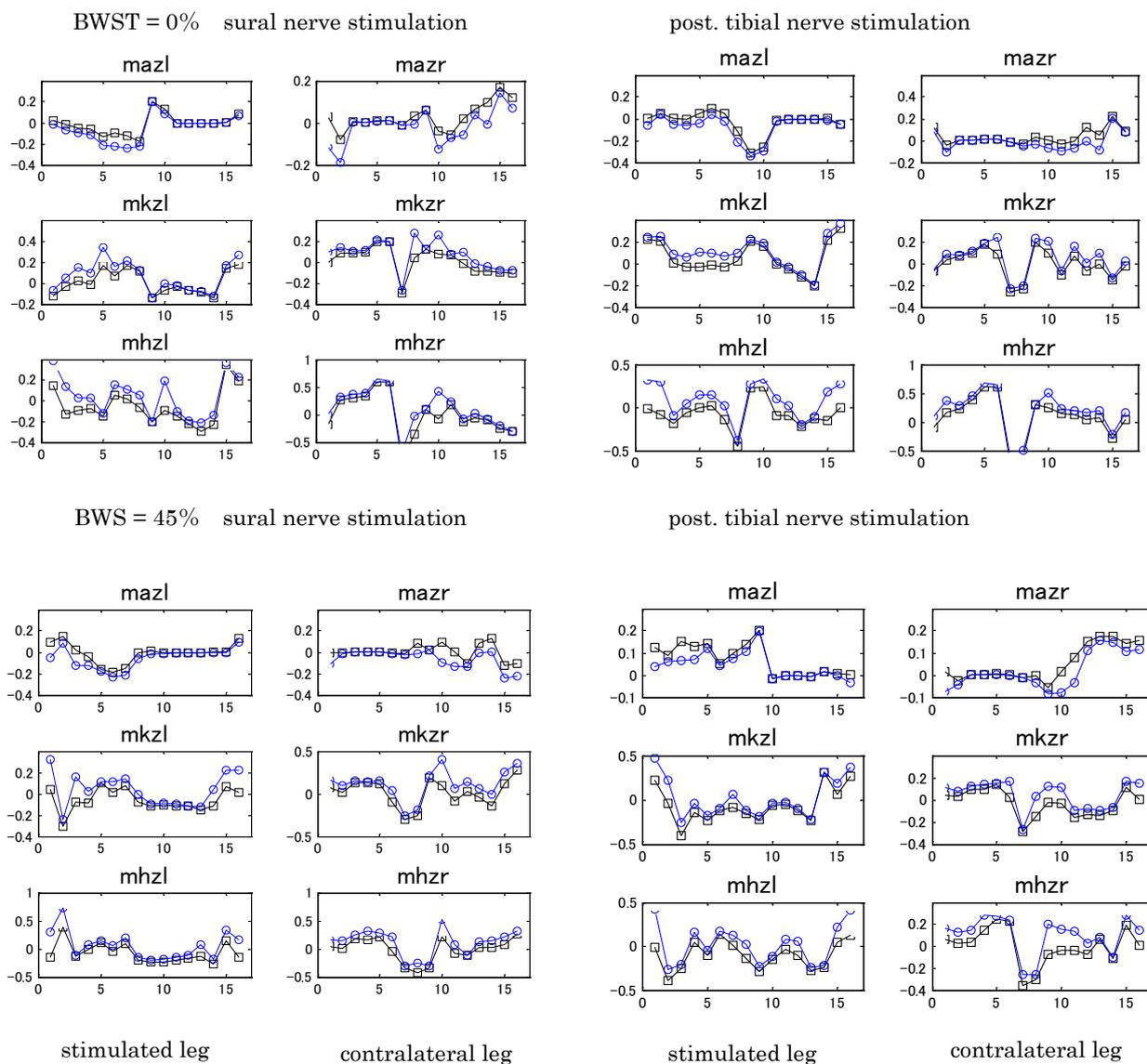


Figure. Joint moments of the stimulated and contralateral leg by cutaneous sensory nerves in treadmill walking with body weight support (BWS)

sural (left) · post. tibial (right) nerves; □ (black) = average, ○ (blue) = s.d.; flexion moment = [+].
mazl, mazr=ankle joint moment of the stimulated and contralateral leg ;
mkzl, mkzr=knee joint moment of the stimulated and contralateral leg ;
mahl, mh zr=hip joint moment of the stimulated and contralateral leg