

## 歩行周期に対する単発の合掌動作の干渉

外山 寛<sup>1)</sup>・藤原勝夫<sup>1)</sup>・山科忠彦<sup>2)</sup>・浅井 仁<sup>3)</sup>

### Interference of a single handclap on the walking cycle

Hiroshi Toyama<sup>1)</sup>, Katsuo Fujiwara<sup>1)</sup>, Tadahiko Yamashina<sup>2)</sup>  
and Hitoshi Asai<sup>3)</sup>

(Received April 28, 1990)

#### Abstract

In our previous study, we examined the interference of the upper limbs exercise on the stepping and an alternate plantar-flexion of the right and left foot. The results indicated that the automatized level of lower limbs exercise could clearly be evaluated by the interference degree of the upper limbs exercise to the periodic lower limbs exercise. This study was to examine the interference of a single handclap on the walking cycle.

Four male subjects, aged from 28 to 38 years old, participated in this study. The periodic lower limbs exercises were natural walking and tiptoeing. The frequency of the lower limbs exercises was 120 times/sec. The upper limbs exercise which was combined with the lower limbs exercises was a single handclap with both hands. The interference degree of the upper limbs exercise on the walking cycle was evaluated by the change of step intervals of the lower limbs exercise.

In natural walking and tiptoeing, there were almost no changes of the step intervals by an insertion of the upper limbs exercise. In this and previous studies, only one lower limbs exercise (plantar-flexion) showed a remarkable change of the step intervals by the upper limbs exercise. There is a difference in the participation of the muscles between the plantar-flexion and the other lower limbs exercises. In the plantar-flexion, the muscles of cingulum extremitatis inferioris do not participate. However, in stepping, natural walking and tiptoeing, those muscles participate in the lower limbs exercises.

In conclusion, these results may indicate that the motion of the lower trunk plays an important role in automatization of the periodic lower limbs exercise.

**Key Words** : Walking—Combined exercise—Interference—Automatization

<sup>1)</sup> 金沢大学教員部保健体育研究室 Department of Health and Physical Education, College of Liberal Arts, Kanazawa University

<sup>2)</sup> 金沢医科大学 Kanazawa Medical College

<sup>3)</sup> 金沢大学医療技術短期大学部 School of Allied Medical Professions, Kanazawa University

## 1 緒 言

立位姿勢を基本とするヒトにおいては、上肢と下肢の機能分化が進み、下肢は主に体を支持し移動する機能を果たし、上肢はこれらから解放されて様々な作業動作を行い得る機能を獲得している。運動の調節では、運動に伴う感覚情報を用いたフィード・バック制御が重要なもののひとつとされている。感覚情報の処理は、複数の中枢を介して為されていると仮定される<sup>2),4),5),9)</sup>。随意運動には、その両端に高度に自動化しているものと随意性の高いものがあり、その中間にはこれらが種々の割合で混じり合った多くの運動がある。Jackson<sup>3)</sup>はこの行動連続体の両端を most automatic と least automatic (voluntary) と呼んだ。このような運動の質的な違いは、学習によるところが大きい。運動の調節は、学習によって大脳皮質などの上位中枢に依存したもから下位中枢に依存したもへ移行し、自動化されると考えられる<sup>1),7)</sup>。習熟し自動化した運動は、他の運動による干渉が少ないことが推察されていた<sup>6)</sup>。そこで我々は、立位での足踏み運動と左右足交互の底屈運動に両側同時の上肢運動を挿入して、下肢運動の周期に現れる上肢運動の干渉を検討してきた<sup>10),11)</sup>。ヒトの基本的なロコモーション様式である歩行時の下肢運動に類似した足踏み運動は、自動化が進んでいると考えられる。これに比べて足関節のみの運動であるが底屈運動は、普段行うことが少ない下肢運動である。これらの研究結果では、上肢運動の挿入によって底屈運動の周期に著しい変化が認められ、下肢運動の自動化水準を上肢運動による周期的下肢運動への干渉程度から評価することが可能であるという知見が得られた。本研究は、動作様式の異なるふたつの歩行を取り上げ、実際に体移動を伴う下肢運動に対する上肢運動の干渉程度を把握した。

## 2 方 法

被験者は、28歳から38歳の健常成人男子4名とした。下肢運動は図1に示す自然歩行と爪先歩行とし、毎分120回のテンポで行った。上肢運動は1回の合掌動作とした。実験の手順を図2に示した。まず歩行のテンポを把握するために電子メトロノーム音に合わせて体移動を行わずにその場で下肢運動を5秒間行った。これに続けて歩行を4m行い、さらに電子メトロノーム音の無い条件下で歩行を12m行った。上肢運動の挿入は、移動開始後8mから12mの地点で脚の動作相にかかわらず被験者の自由なタイミングで行った。自然歩行と爪先歩行による試行は、それぞれ7回行った。なお、被験者には可能な限り歩行周期を維持するように指示した。上肢運動の挿入タイミングを把握するために、被験者の右手掌部にハンド・スイッチを装着した。また、下肢の接地タイミングを把握するために、自然歩行では両足の踵部に、爪先歩行では両足の母指球から小指球にかけてフット・スイッチを装着した。これらのデータは一旦データ・レコーダーに記録し、後刻 A/D 変換器を介してパーソナル・コンピューター (SORD 社製 M68) に取り組んだ。A/D 変換のサンプリング間隔は 4msec. とした。分析内容は、一方の足が接地してから他方の足が接地するまでの時間 (以下、Step Interval: SI とする) と、上肢運動の挿入

されたタイミングである。各被験者の成績は、7回の測定結果の平均値とした。  
統計処理上の検定基準は、危険率5%未満をもって有意とした。

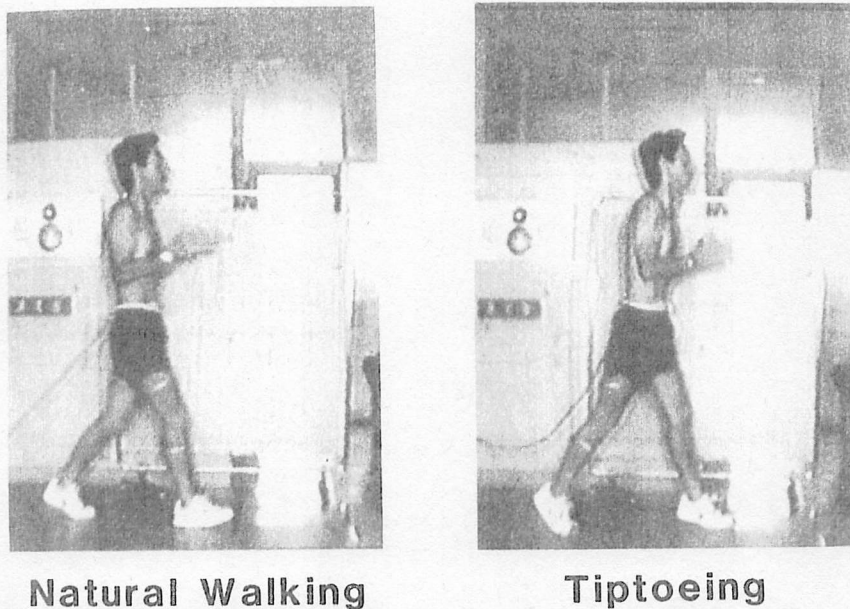


Fig. 1 Scene of the measurement.

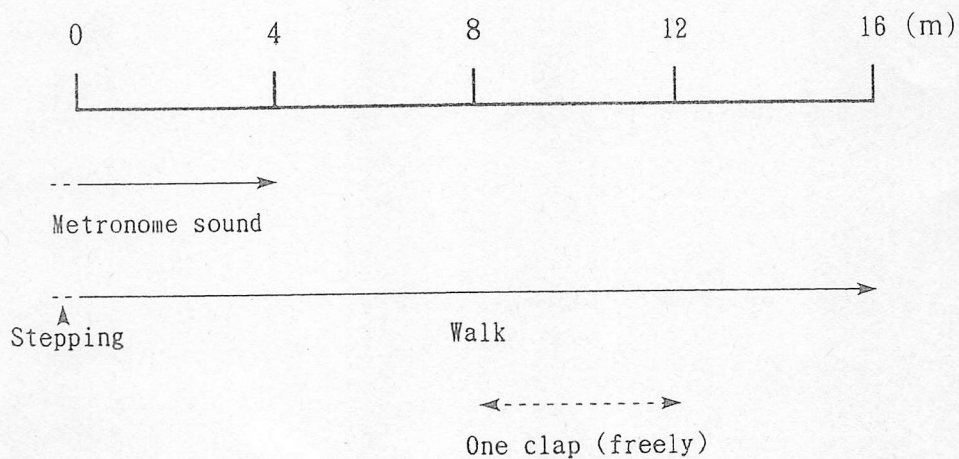


Fig. 2 Experimental schedule.

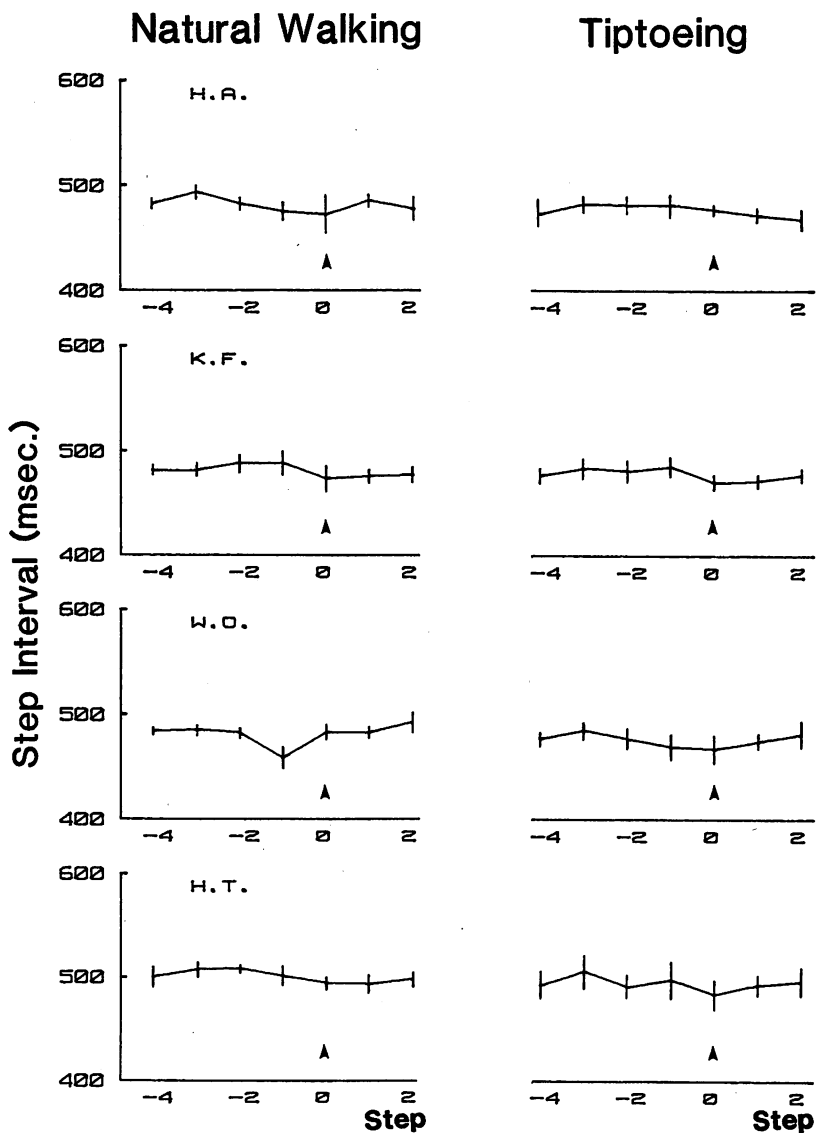


Fig. 3 Changes of step intervals on the natural walking and the tiptoeing. An arrow mark shows the enforcement of the upper limbs exercise.

### 3 結 果

図3に、各被験者の自然歩行と爪先歩行におけるSIの時系列を上肢運動の挿入時を基準(矢印)に、その4歩前から2歩後までを示した。上肢運動の挿入によるSIの変化は自然歩行でも爪先歩行でも非常に小さく、また4名に共通したSIの変化パターンも認められなかった。図4は、上肢運動が挿入される1歩前のSIに対する挿入時のSIの比率(以下、SI比とする)を各

被験者について示したものである。自然歩行と爪先歩行における SI 比は、被験者 H. A. でそれぞれ  $1.00 \pm 0.046$  (平均値  $\pm$  標準偏差値),  $0.99 \pm 0.019$ , 被験者 K. F. で  $0.97 \pm 0.030$ ,  $0.99 \pm 0.034$ , 被験者 W. O. で  $1.05 \pm 0.039$ ,  $1.00 \pm 0.029$ , 被験者 H. T. で  $0.99 \pm 0.019$ ,  $0.98 \pm 0.053$  であった。自然歩行と爪先歩行の SI 比には、被験者 W. O. を除き有意な差が認められなかった。また、上肢運動が挿入される一步前と上肢運動が挿入された SI の合計値を算出し自然歩行と爪先歩行と比較したところ、4 名全てに有意な差が認められなかった。

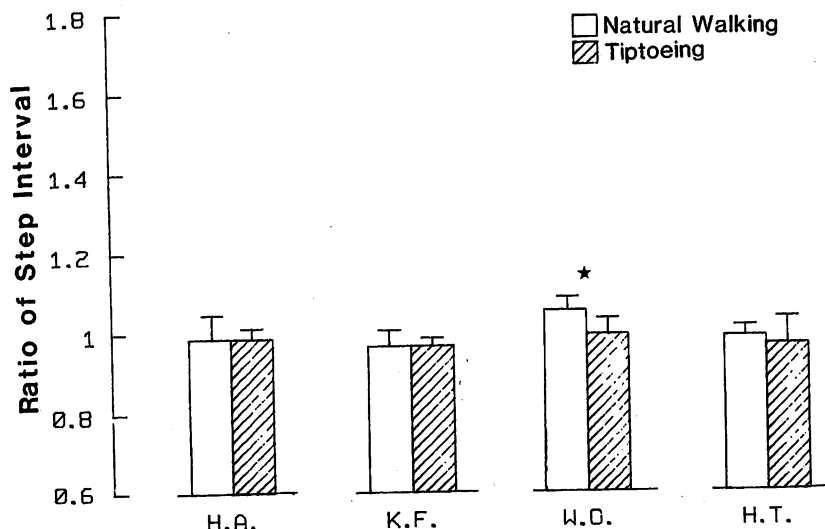


Fig. 4 Ratios of a one step interval in which the upper limbs exercise was superimposed on the one step interval immediately before the upper limbs exercise. \*:  $p < 0.05$

#### 4 考 察

前報<sup>(10,11)</sup>の体移動を伴わない足踏み運動と左右足交互の底屈運動に上肢運動を挿入した研究結果では、普段行うことの少ない底屈運動に著しい上肢運動の干渉が認められた。本研究で行った自然歩行はヒトの基本的なロコモーション様式であり、その下肢運動は成人では極めて習熟度の高い運動である。これに比べて、爪先歩行は普段行うことが少なく習熟度が低いと推察される。これらのことより、当初爪先歩行においては自然歩行に比べてより大きな上肢運動の干渉があるのではないかと予想した。しかし、自然歩行と爪先歩行に上肢運動を挿入した場合、いずれの歩行でも明確な SI の変化は認められなかった。前回と本研究で行った運動の違いのひとつに、体移動の有無がある。しかし、前回行った足踏み運動と底屈運動は、いずれも体移動を伴わない運動でありながら底屈運動に対する上肢運動の干渉が著しく大きかった。よって、体移動の有無が下肢運動に対する上肢運動の干渉程度に大きく影響しているとは考えられない。前回と本研究を通して上肢運動の干渉が顕著に認められた下肢運動は、底屈運動のみである。この様な結果は、下肢運動に参加する筋群の差異が関連して生じているように思われる。

すなわち、自然歩行では、下腿筋群の活動に加えて股関節の屈伸運動と骨盤の回旋運動を起こすための下肢帯の筋群の活動がある<sup>8),12)</sup>。爪先歩行と足踏み運動においても、これら大筋群の活動が必要である。しかし、足関節のみの運動である底屈運動では、下肢帯の筋群の活動を必要としない。したがって、今回の知見は、これら大筋群の活動を必要とする体幹の運動が下肢運動の自動化に重要な意味を有することを示すものと推察される。

## 5 結 論

運動様式の異なる自然歩行と爪先歩行を取り上げ、体移動を伴う下肢運動の周期に対する上肢運動の干渉を検討した。上肢運動は単発の合掌動作とした。その結果、自然歩行においても爪先歩行においても、上肢運動の挿入による歩行周期の変化はきわめて小さく、また明確な差異も認められなかった。本研究とこれまでの研究を通して上肢運動の干渉が顕著に認められた下肢運動は、底屈運動のみであった。他の下肢運動と比較すると、底屈運動には股関節の屈伸運動と骨盤の回旋運動が含まれていない。これらの知見は、大筋群の参加を必要とする体幹の運動が下肢運動の自動化に重要な意味を有することを示すものと推察された。

## 参 考 文 献

- 1) Fitts, P. M. and Posner, M. I. (1967) Human performance, Wadsworth Publishing, Belmont.
- 2) Grim, R. J. and Nashner, L. M. (1978) Long loop discontrol. In Prog. Clin. Neurophysiol., 4, Cerebral motor control in man: Long loop mechanism (Desmedt, J. E. ed.), 70-84.
- 3) Jackson, J. H. (1898) Relations of different divisions of the central neurons system to one another and to parts of the body. Lancet, In Selected writings of John Hughlings Jackson, vol. II (Tailor, J. ed.), (1932) 422-443. Hodder and Stoughton, London.
- 4) Marsden, C.D., Merton, P. A. and Morton, H. B. (1972) Servo action in human voluntary movement. Nature (Lond.), 238, 140-143.
- 5) Milner-Brown, H. S., Stein, R. B. and Lee, R. G. (1975) Synchronization of human motor unit: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 38, 245-254.
- 6) 中村隆一, 細川徹 (1988) 運動学習・1, 学習理論・1, 運動学習の基礎。理・作・療法, 22, 35-40.
- 7) Paillard, J. (1960) Handbook of physiology, section 1: Neurophysiology vol. III, The patterning of skilled movements. In., Field, J. ed., American Physiological Society, Washington, 1679-1708.
- 8) 鈴木良平 (1972) 下肢の筋動作学, 日整会誌, 46, 139-145.
- 9) Tatton, W. H., Forner, S. D., Gerstein, G. L., Chambers, W. W. and Liu, C. N. (1975) The effect of postcentral cortical lesions on motor responses to sudden limb displacements in monkey. Brain Res., 96, 108-113.
- 10) 外山寛, 藤原勝夫 (1989) 自動化水準の異なる下肢運動に対する上肢運動の干渉の性差。金沢大学教養部論集 (自然科学篇), 26, 39-46.
- 11) 外山寛, 藤原勝夫 (1990) 自動化水準の異なる下肢の周期運動に対する上肢運動の干渉。体力科学, 39, 44-52.
- 12) 辻野昭, 後藤幸弘 (1976) 身体運動学概論, 第三部, 第2章 歩く。大修館書店, 東京, 129-152.