

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：22401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700544

研究課題名(和文) 関節運動を制限した訓練で目指すべき歩行パターン指標の抽出と臨床応用に向けた調査研究

研究課題名(英文) Research for the extraction and the clinical application of the gait pattern index for the goal of gait training in the subjects in whom restricted ankle joint motion

研究代表者

白銀 暁 (Shirogane, Satoshi)

埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師

研究者番号：90404764

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中片麻痺など下肢機能に障害がある者に対するリハビリテーションにおいて、歩行は重要な訓練課題である。その歩行訓練においては、短下肢装具などで関節運動を制限して行うことが多い。関節運動を制限すると健常者と同じ歩行パターンは原理的に不可能となるが、このとき目指すべき歩行パターンは明確になっていない。本研究は、健常者の短下肢装具装着歩行を調査し、訓練の目標となり得る歩行パターン指標の一部を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In the rehabilitation for the patients that lower limbs dysfunction including the stroke, gait is an important training problem. During the gait training, ankle-foot orthosis is frequently used to restrict their ankle joint motion. However, because of limitation of ankle motion, acquisition of able-bodied gait becomes theoretically impossible and the goal of gait pattern in this situation is still not clear. We hypothesized that the goal of gait training for patients using an ankle-foot orthosis is to enable them to acquire the gait of an able-bodied individual who is fitted with an ankle-foot orthosis rather than a normal gait. Our study investigated the gait pattern of able-bodied individual who is fitted with an AFO and clarified a part of the gait pattern index that could become the aim of the patient's training.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション 理学療法 歩行 短下肢装具 関節運動 訓練目標

## 1. 研究開始当初の背景

下肢機能に障害のある者に対するリハビリテーション場面において、歩行は最も重要な訓練課題の一つである。その訓練場面(図1)において、医師や理学療法士らは対象者に指示や介助などを行い、障害された歩行パターンを彼らが目指すものへと改変しようとする。そのときに目指すべき具体的な歩行パターンについて、これまでのところ統一された指標やガイドラインなどは、国内外を問わず見当たらない。強いて言うならば、健常者のいわゆる「正常歩行」を目指して行われているようにも見受けられる。

一方、下肢の関節運動を制限したいときに、装具やサポーター等の補装具が用いられる。これらを適切に使用することにより、障害者は歩行が可能になったり、より効率的に行えるようになったりする。例えば、脳卒中片麻痺者では、足関節の運動を制限する金属支柱付き短下肢装具(図2)を頻繁に用いる。その歩行訓練においては、健常者の歩行パターンにおいて典型的であって、かつ脳卒中片麻痺者では健常者に比べて損なわれやすい要素である歩行の左右対称性(以下、対称性)を回復させることを目標とした訓練が従来から行われてきており、また現在も継続して行われている(Mauritz KH: Gait training in hemiplegia, 2002)。



図1 歩行訓練の一場面



図2 補装具の一例

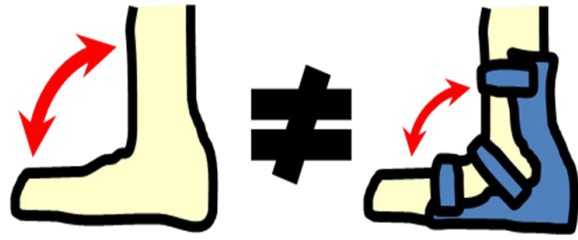


図3 足関節の補装具と運動制限

しかし、これら補装具を装着した場合には、関節の運動が制限されるので(図3)、健常者の正常歩行と同じ歩行パターンは原理的に不可能となる(特に片側装着の場合に顕著)。実際、予備実験(白銀他、SOBIM2010 予稿集, 2010)において、1例のサンプル計測ではあるが、短下肢装具を装着した健常者の立脚期間は左右間で異なっていた。このような場合には、障害が重度であるケースでは方向性として正常歩行を参照することで問題はないが、特に障害が軽度であるケースでは疾患や機能障害から生じる問題と、補装具による運動制限から生じる問題とを分けて考える必要がある。

補装具を装着した際の歩行パターンを疾患や機能障害と切り離して考えるためには、補装具を装着した障害者の歩行を調べるだけでは不十分である。これまでにそういった報告は数多く存在するが、例えば片麻痺者であれば、下肢に限らない上肢・体幹の運動麻痺や、高次機能障害などが合併することが多く、どれだけ多数の障害者を調べても、補装具による関節運動制限時に目指すべき一般的な歩行パターンを得ることは理論的に難しい。突き詰めて考えれば、関節運動を制限する補装具を装着した障害者の目指すべき歩行パターンとは、障害が非常に軽度であり、かつ対象関節の機能以外に障害のない者、つまり健常者が補装具を装着して歩いたときの歩行パターンが最も理想的であると考えられる。補装具装着下で健常者に不可能な歩行パターンは、障害者にとっても不可能である。したがって、健常者の関節制限歩行と、制限の無い通常歩行(本研究では、これを正常歩行と呼ぶ)との比較により、目指すべき歩行パターンについてのヒントが得られると考えた。これまでに健常者を対象として補装具の影響を調べた研究報告は3報ある(CU Opara, et al., 1985, MT Balmaseda, et al., 1988, B Guillebastre, et al., 2009)が、補装具の製品評価などの別の目的で行われており、目指すべき歩行パターの抽出には至っていない。

## 2. 研究の目的

上記の背景およびこれまでの研究成果をもとに、疾患・機能障害の影響を除外した状態における補装具歩行の最適パターンを明らかにすることで、歩行訓練における目標設定のための資料となる情報を得ることを目標

とした。具体的には、関節運動を制限した健常者の歩行を調査して指標となり得るパラメータを抽出し、抽出指標の妥当性と臨床応用可能性を検証することを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 健常者を対象とした装具装着歩行訓練における歩行パターン指標の抽出

健常な成人男性 19 人を対象として、装具を装着した条件と、装着していない条件との歩行分析を実施した。全員右利きで、下肢の重篤な整形外科疾患や、神経学的疾患の既往はなかった。計測には 3 次元動作解析装置と床反力計を用いた。短下肢装具は 2 つのサイズ (M・L サイズ) を準備して被験者の体格に応じて使い分けた。足関節の継手は、短下肢装具を被験者の右足に装着した後に調整を行って、自然立位で底背屈の両方向ともに固定した。

歩行パターンは被験者毎に異なる可能性があるため、短下肢装具を装着して行う短下肢装具歩行条件と短下肢装具を装着しないで行う通常歩行の条件とを設定して、被験者内での比較を行った。また、歩行パターンは、健常者であっても平地を楽に歩いたときや、意識的に格好良く歩いたときでは異なるので、障害者が目指すべき歩行パターンも一つとは限らない可能性がある。具体的には、訓練場面で医師や療法士の指示下で実現される歩行パターンと、病室や自宅で実現される歩行パターンとは異なる可能性が考えられた。このことから、短下肢装具歩行条件においては、複数の歩行条件を設定して比較を行うこととした。したがって、本研究における計測条件は、短下肢装具無しで最も歩きやすい歩行を指示する通常条件、右足関節に短下肢装具を装着してできるだけ疲れなく歩くよう指示する安楽条件、同じく短下肢装具を装着してできるだけ装着前に近い歩き方を示すよう指示する努力条件の計 3 条件とした。

見通しがよく平らな床面に約 10m の直線歩行路上を設定し、対象にくり返し歩かせた。口頭指示は、通常条件では「最も歩きやすいように歩いてください」、安楽条件では「できるだけ疲れないように歩いてください」、努力条件では「できるだけ装具を着ける前に近い歩き方で歩いてください」とした。各条件 20 試行、計 60 試行を実施し、各条件の計測前には被験者が慣れたと感じられるまで練習歩行をさせ、計測中は必要に応じて休憩を取らせた。

解析は、まず歩行イベント (接地・離地) の検出を行い、検出された歩行イベント時刻を元に、各肢の立脚時間を算出した。下肢関節角度は股関節、膝関節、足関節の 3 つの関節について矢状面上の屈曲・伸展方向の角度を抽出した。各計測値の左右対称性は、Symmetry Index (以下、SI) を元に評価を行った。立脚時間の SI (Symmetry Index of Gait

Cycle: SIg) は、次式で求めた。

$$SIg = (TL - TR) / (0.5 \times (TL + TR)) \times 100 [\%] \quad (1)$$

TL, TR は左右肢の立脚時間の平均値。SIg = 0 は左右対称を意味する。また、下肢関節角度の SI (Symmetry Index of Joint Angle: SIj) については、通常条件における当該関節の運動範囲を元に、次式で求めた。

$$SIj = (L - R) / (0.5 \times (\text{range}(L) + \text{range}(R))) \times 100 [\%] \quad (2)$$

L, R は通常条件時の各側の関節角度の計測値、range は運動範囲である。SIg と同様に、SIj = 0 は左右対称を意味する。すなわち、SIj は、左右差の大きさを、通常条件での歩行における当該関節運動範囲の左右平均に対する比として表している。

なお、統計処理は、立脚および遊脚時間、下肢関節角度については一元配置分散分析を行って多重比較 (Bonferroni 法) した。SI については Freidman 検定を行って多重比較 (Bonferroni 法) した。有意水準はいずれも 5% とした。

#### (2) 抽出指標に関する臨床評価

ここまでの解析結果を元に、装具歩行における評価のための歩行パターン指標を抽出し、9 軸モーションセンサを用いて評価するシステムの試作を行った。歩行周期の左右対称性に着目し、試作したシステムを用いて、実際に臨床で下肢機能に障害のある者を対象とした計測を行って現場の理学療法士の意見を聴取した。

### 4. 研究成果

#### (1) 立脚時間とその左右対称性

各条件における左右肢の立脚時間および遊脚時間を表 1 に示した。努力条件の左側 (短下肢装具非装着側) の立脚期間は、通常条件に比べて有意に長かった。遊脚時間はいずれも統計的な有意差は無かった。

各条件における左右肢の立脚時間の SIg を図 4 に示した。短下肢装具を装着した安楽条件および努力条件の SIg は、通常条件に比較して有意に大きかった。通常条件の SIg は他の 2 条件の 10 分の 1 以下であった。

表 1. 各歩行条件における左右脚の立脚および遊脚時間

		AFO (-)		AFO (+)	
		通常条件	安楽条件	努力条件	
立脚時間	左	0.65±0.04	0.69±0.04	<b>0.70±0.04*</b>	
	右(装具側)	0.65±0.04	0.66±0.05	0.67±0.04	
遊脚時間	左	0.40±0.02	0.42±0.02	0.42±0.02	
	右(装具側)	0.40±0.02	0.44±0.02	0.45±0.02	

\* 通常条件に対して統計学的有意差あり (p < 0.05)



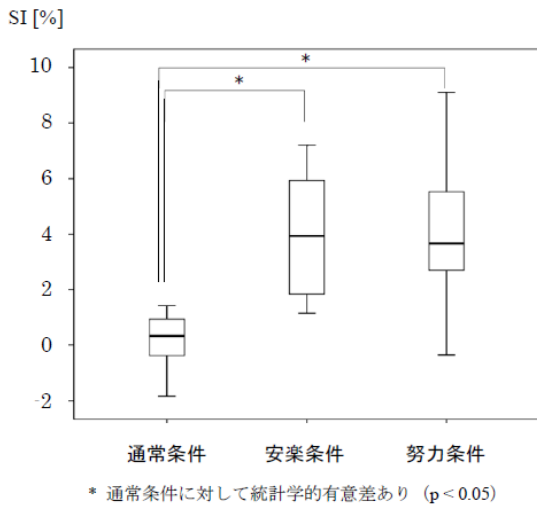


図4 各歩行条件における立脚時間の左右対称性

(2) 下肢関節角度とその左右対称性

各条件における歩行周期中の左右肢の関節角度変化を図5に示した。装具装着側である右側の足関節において短下肢装具装着による関節運動の制限を確認することができたが、それ以外に著明な変化はなかった。

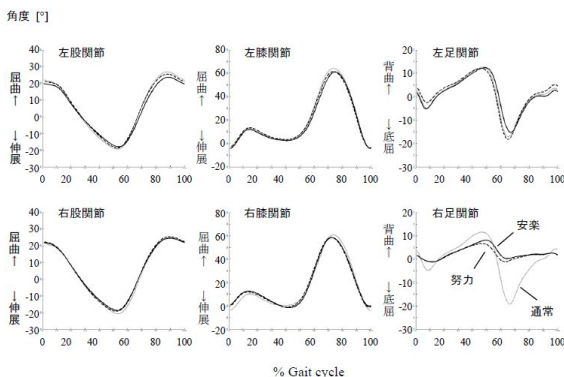


図5 矢状面における歩行周期中の下肢関節角度変化

各条件におけるSIjの歩行周期中の平均値を図6に示した。各関節とも、歩行条件による統計的な有意差は認められず、装具装着下においても通常の歩行に近いパターンが期待できる可能性が示された。

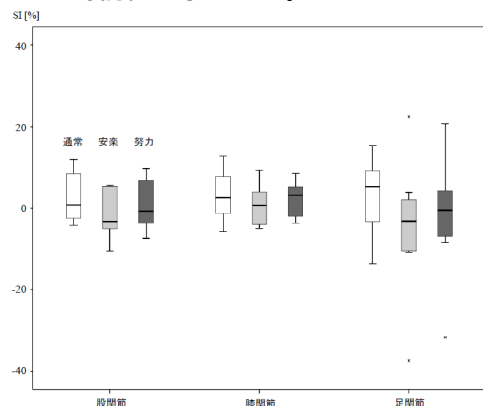


図6 下肢関節角度の左右対称性

(3) 抽出指標の妥当性と臨床応用可能性

立脚期間の左右対称性を抽出して評価を試みたが、障害が軽度な対象ではあまり違いが得られなかった。また、現場の理学療法士からは、新規の評価指標には参照となる基準が重要であることが指摘された。参照基準が得られていない現状では、そのまま応用することは困難であることが確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

1) 白銀暁, 吉田直樹, 木崎哲, 本田晋也, 川場康智: 金属支柱付き短下肢装具で片側足関節の運動を制限した健常者の歩行における下肢関節角度の左右対称性. 第29回日本義肢装具学会学術大会, 2013/10/27, 佐賀市文化会館.

2) S. Shirogane, N. Yoshida, S. Kizaki, S. Honda, Y. Kawaba: Asymmetry of the stance phase of the gait cycle among able-bodied subjects in whom motion of one ankle joint was restricted by a double upright metal ankle-foot orthosis. The 6th Asia Western Pacific Region of World Confederation for Physical Therapy & The 12th Asian Confederation for Physical Therapy, 2013/9/7, Taichung, TAIWAN.

3) 白銀暁, 吉田直樹, 木崎哲, 本田晋也, 川場康智: 金属支柱付き短下肢装具で片側足関節の運動を制限した健常者における歩行周期の左右対称性-片麻痺者の歩行訓練において目指すべき歩行パターンを求めて-. 第48回日本理学療法学術大会, 2013/5/25, 名古屋国際会議場.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白銀 暁 (SHIROGANE SATOSHI)

埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師

研究者番号: 90404764

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし