

[原著論文]

## 摩擦制動継手付短下肢装具 (ドリームブレース) 装着時の歩行および階段降り時における力学的解析および筋電図学的検討

相馬俊雄<sup>1)</sup>、大西秀明<sup>1)</sup>、牧田光代<sup>1)</sup>、佐藤成登志<sup>2)</sup>、黒川幸雄<sup>1)</sup>、眞鍋敏朗<sup>3)</sup>

キーワード：摩擦制動継手付短下肢装具 (ドリームブレース)、筋電図、関節モーメント

### Study of Kinetic and Electromyography of Dream Plastic Ankle Foot Orthoses while Walking and Stair Descending

Toshio Soma<sup>1)</sup>, MS, PT, Hideaki Onishi<sup>1)</sup>, Ph.D., PT, Mitsuyo Makita<sup>1)</sup>, MA, PT, Naritoshi Sato<sup>2)</sup>, MS, PT, Yukio Kurokawa<sup>1)</sup>, Ph.D., PT, Toshiro Manabe<sup>3)</sup>

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate a kinetic and electromyogram analysis of the Dream Plastic Ankle Foot Orthoses (DP-AFO) while walking and descending staircases. One healthy adult participated in this study. DP-AFO was attached to one of the legs of the subject, assuming that the limb was affected. The movement was measured with 3D motion analysis system (VICON 512) and force plates (AMTI). We compared the state of the limb, when the foot was touching the floor or the stair. As a result, it was clarified that the DP-AFO reproduces the joint angle, the joint moment, and the EMG activities of normal walking.

Key words: Dream Plastic Ankle Foot Orthoses, electromyography, joint moment

#### 要旨

本研究の目的は、「装具なし」、「プラスチック製短下肢装具」(以下、P-AFO)、「摩擦制動継手付短下肢装具 (ドリームブレース: Dream Plastic Ankle Foot Orthoses)」(以下、DP-AFO) 装着の3条件で、装具装着側下肢の力学的および筋電図学的解析を行うことである。インフォームド・コンセントの得られた健康成人を対象に、一側下肢の足部に装具を装着し、平地歩行および階段降り動作を行った。使用機器は、三次元動作解析装置および床反力計を使用し、

装具装着側下肢の関節角度、関節モーメントの測定および筋電図の記録を行った。解析は、装具装着側下肢が床面および階段面に接地している区間を3条件で比較検討した。その結果、ドリームブレースは、正常歩行に近似した関節角度、関節モーメントおよび筋活動を再現していることが明らかになった。

#### I はじめに

脳卒中片麻痺患者 (以下: 患者) における短下肢装具 (Ankle Foot Orthoses: 以

1) 新潟医療福祉大学 医療技術学部 理学療法学科

2) 新潟リハビリテーション病院 リハビリテーション部

3) 有限会社オルソ

相馬俊雄 新潟医療福祉大学 医療技術学部 理学療法学科

[連絡先] 〒950-3198 新潟県新潟市鳥見町1398番地

TEL・FAX: 025-257-4498

E-mail: soma@nuhw.ac.jp

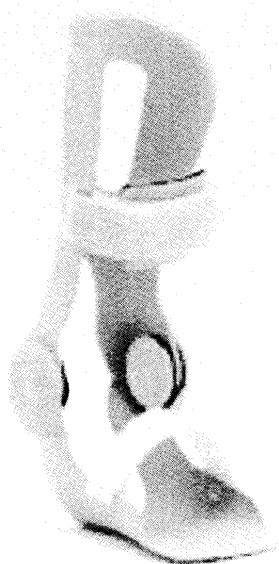
下：AFO）を使用した装具療法は、失われた機能障害に対しての代償的役割のみならず、早期から積極的に用いることで、機能の回復や二次的な機能低下の予防といった治療的役割も担ってきている<sup>1)2)</sup>。装具療法の主目的は、立位・歩行能力の向上であり、単に異常歩行を改善することだけではなく、患者の生活場面に具体的にどのように歩行能力を改善させられるのかを、正確に把握し変化を予測することが重要となる。

AFOは、数多くの種類やデザインが開発され使用されている。従来から金属支柱付きAFOや後方支柱型に代表されるプラスチック一体型AFO（Plastic Ankle Foot Orthoses以下：P-AFO）に加えて、最近では多種類のAFO用足継手が市販されている。しかし、これらの中から患者の身体機能に適したAFOが、選択されているとは言い難いのが現状である。そこで、多くのAFOの中から患者に適したものを選択するためには、AFO自体の特性を知るとともに、患者の歩行補助に必要なAFOの機能につい

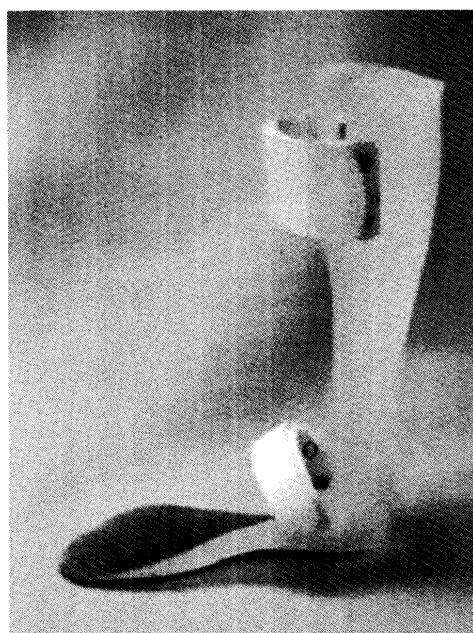
て理解する必要がある<sup>3)4)</sup>。

摩擦制動継手付短下肢装具（ドリームブレース：Dream Plastic Ankle Foot Orthoses：以下、DP-AFO）（オルソ社製）<sup>註1)</sup>は、足関節継手のワンウェイクラッチ機構と周辺部品間の摩擦との組み合わせにより、設定値以下の力では底屈運動は起こらないが、それ以上の力が加わっている間は底屈運動が起こる仕組みになっている。一方、背屈方向へは、指一本程度の軽微な力で動くため、底背屈運動時の抵抗は底屈一方向のみと感じる（底屈制動）。つまり、DP-AFOは制動力が底屈一方向であることが大きな特徴である（図1左）。

これまでに、短下肢装具の運動学的解析を行っている報告は数多く見られる<sup>1)2)5-7)</sup>。しかし、DP-AFOの力学的および筋電図学的解析を行った報告は見られない。そこで本研究の目的は、DP-AFOの特性を知るために、健常成人において「装具なし」、「P-AFO」、「DP-AFO」装着の3条件で、装具装着側下肢の力学的および筋電図学的解析



摩擦制動継手付短下肢装具  
（ドリームブレース）



プラスチック製短下肢装具

図1 使用した短下肢装具

を行い比較検討することである。

## II 方法

### 1 対象

対象は実験内容を説明し同意が得られた、両下肢に整形外科的疾患の既往のない健常成人男性1名(年齢22歳、身長174cm、体重59kg)である。

### 2 課題動作と使用機器

#### 1) 課題動作

被験者は、「装具なし」および一側足部に「P-AFO」(図1左)、「DP-AFO」(図1右)の装具を装着した3条件で平地歩行と階段降り動作を行った。実験中は、3条件とも装具の上に靴を着用した。

実験に先立ち被験者は、装具を装着しての課題動作を十分に行った。歩行は、床反力計が中央に位置するように設置した10m

の歩行路を1回歩行した(図2)。階段降り動作は、3段(1段:蹴上20cm、幅40cm、踏面30cm)の階段を床反力計上に設置して、最上段から静止立位で開始し一足一段で行った。動作速度は被験者の行いやすい速度とした。

#### 2) 関節角度と関節モーメントの算出

動作解析は、CCDカメラ8台を含む三次元動作解析装置(VICON 512, Oxford Metrics Ltd, Oxford)、床反力計(OR6-6-2000, AMTI, MA)6台を用いた。被験者には赤外線反射マーカ(直径25mm:以下、マーカ)を、両側の肩関節・股関節・膝関節・足関節・第5中足趾節間関節(以下、第5MP関節)の合計10箇所貼り付けた。身体へのマーカの貼り付け位置は、臨床歩行分析研究会の規定によるものとした<sup>8)</sup>。

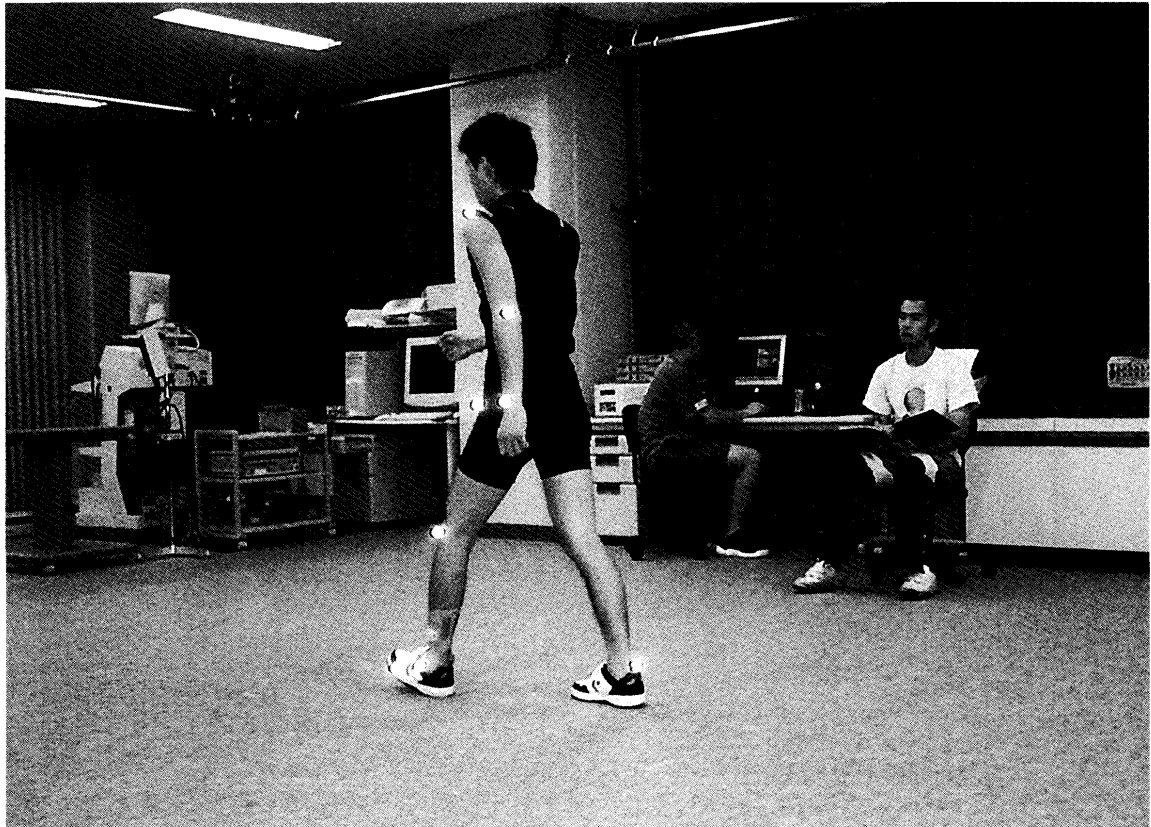


図2 実験風景

歩行中の下肢関節モーメントと関節角度は、以下の方法で算出した。股関節屈曲伸展モーメントは、肩関節・股関節・膝関節の3つのマーカーで規定される平面に、装具装着側下肢からの床反力ベクトルを投影し、その投影されたベクトルと股関節から投影されたベクトル作用線までの垂線の距離をかけることにより算出した。股関節角度は、肩関節・股関節・膝関節のマーカーのなす角度とした。膝関節屈曲伸展モーメントおよび膝関節角度、足関節底背屈モーメントおよび足関節角度も同様な方法で算出した。

### 3) 筋電図の導出と解析

筋電図導出部位は、患脚下肢の大腿四頭筋（外側広筋）、大腿二頭筋（長頭）、前脛骨筋、腓腹筋（外側頭）の合計4筋（4ヶ所）とした。電極位置はPerottoの方法<sup>9)</sup>を参考にし、以下のように貼付した。大腿四頭筋（外側広筋）は、膝蓋骨上縁より5横指近位部の大腿外側面、大腿二頭筋（長頭）は、腓骨頭と坐骨結節を結んだ線分の中点、

前脛骨筋は、脛骨外側顆部と脛骨骨幹近位部2/3、腓腹筋（外側頭）は、膝窩皮線より5横指遠位部の外側部とし、各筋の筋線維の走向に沿って貼付した。筋電図の導出は、表面電極（Ag-AgCl電極）を用いた双極法で中心電極間距離を1.0cmとし、前置増幅器（DPA-10、ダイヤモンドシステム、東京）から増幅器（BIOTOP6R 12、GEマーケット、東京）を経て、サンプリング周波数1kHzでパーソナルコンピュータに記録した。

解析は、平地歩行および階段降り動作において、患脚下肢が床面および階段面に接地している区間の関節角度、関節モーメントおよび筋活動を3条件で比較検討した。

## III 結果および考察

### 1 平地歩行における装具装着側下肢の関節角度と関節モーメント

図3は、平地歩行時における装具装着側下肢の関節角度と関節モーメントを示している。「装具なし」と「DP-AFO」は、立脚相の股・膝・足関節角度、関節モーメント

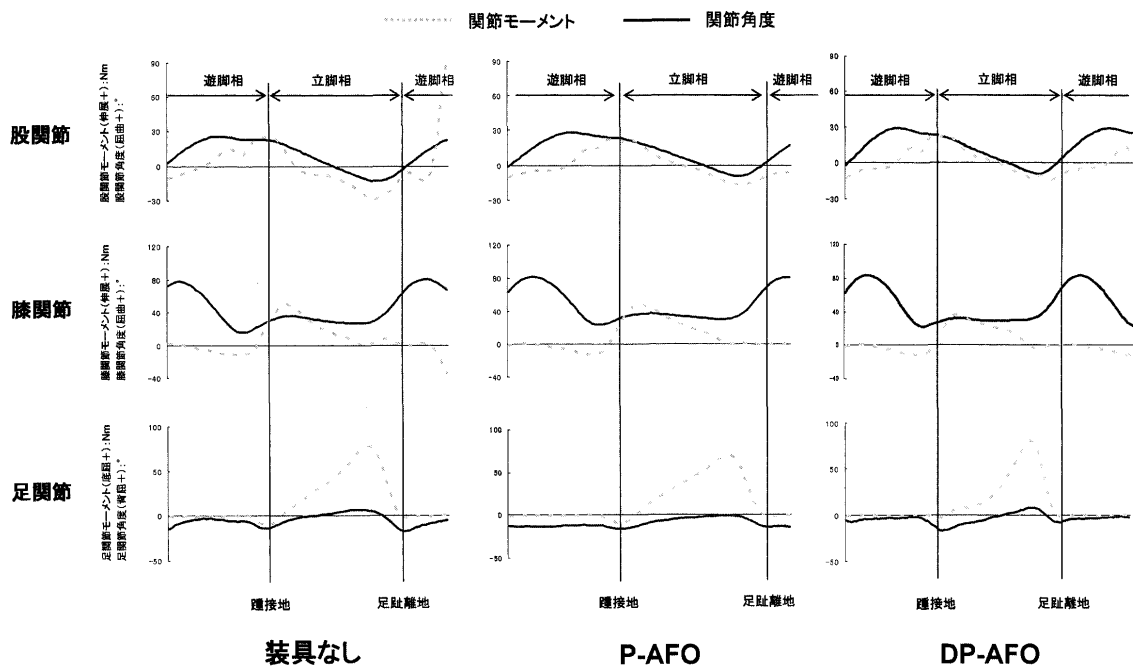


図3 平地歩行における装具装着側下肢の関節角度と関節モーメント

の波形が類似していた。「DP-AFO」は足関節の背屈が可能であるため、立脚中期以降に徐々に背屈していく様子がわかる。そのため、「装具なし」に見られる足趾離地直前の足関節底屈モーメントが、「DP-AFO」でも同じように出現している様子が見られる。つまり、「DP-AFO」は正常歩行に近似した足関節の動きを再現していることがわかる。「P-AFO」は足関節が固定されているため、立脚相において0度以上背屈する様子は見られなかった。そのため、足趾離地直前の足関節底屈モーメント（蹴り出し）が、「装具なし」と「DP-AFO」に比べ小さいことがわかる。

## 2 平地歩行における装具装着側下肢の筋活動と床反力（鉛直方向）

図4は、平地歩行における装具装着側下肢の筋活動と床反力（鉛直方向）を示している。導出した大腿四頭筋（外側広筋）、大腿二頭筋（長頭）、前脛骨筋、腓腹筋（外側

頭）の筋活動と床反力（鉛直方向）において、「装具なし」と「DP-AFO」では、歩行周期全般を通じて同じような波形が見られた。立脚相の大腿二頭筋（長頭）において、「装具なし」と「DP-AFO」に比べ、「P-AFO」では、大きな活動が見られた。一方、「P-AFO」の前脛骨筋は、活動が見られなかった。これは「P-AFO」は、足関節が固定されており、背屈ができないためと考えられる。「P-AFO」の床反力（鉛直方向）において、「装具なし」および「P-AFO」に比べ、踵接地直後の値が小さく、ピークに達した後、その状態がしばらく持続している様子が見られた。そして、足趾離地直前は、小さな値になっていた。これらは「P-AFO」の特徴である足関節が固定されていることが影響していると考えられる。

## 3 階段降りにおける装具装着側下肢の関節角度と関節モーメント

図5は、階段降りにおける装具装着側

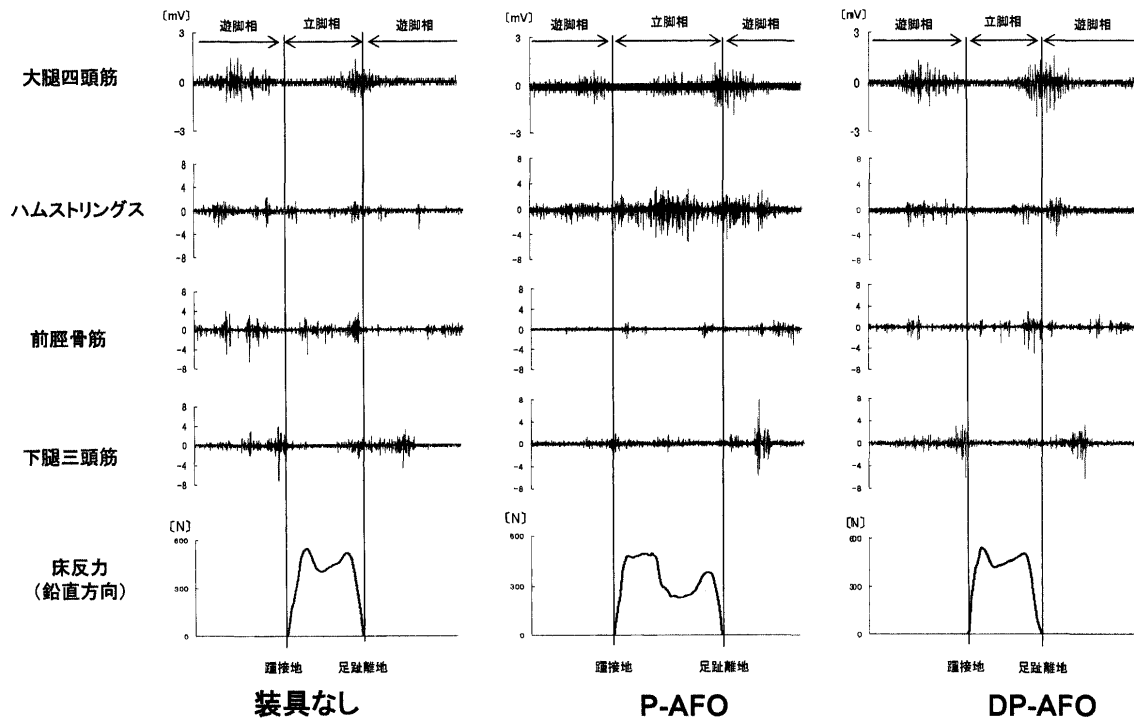


図4 平地歩行における装具装着側下肢の筋活動と床反力（鉛直方向）

下肢の関節角度と関節モーメントを示している。図3と同様に「装具なし」と「DP-AFO」は、立脚相の股・膝・足関節角度、関節モーメントの波形が類似していた。「P-AFO」の股関節では、足趾接地直後に大きな伸展モーメントが見られた。また、足趾離地前の立脚後期に股関節の屈曲角度が大きくなり、大きな伸展モーメントが発生しているが、「装具なし」および「DP-AFO」では、観察されなかった。足趾離地前後において、「P-AFO」は「装具なし」と「DP-AFO」に比べ、股関節の屈曲角度が大きくなっている。これは、「P-AFO」は足関節が固定されているため、立脚相で0度以上に背屈することがなく、さらに足趾離地して下段に足を下ろす時も、足関節を背屈することができず、足趾を段に接触させないように、股関節を大きく屈曲させているためと考えられる。足趾離地前から膝関節の屈曲角度が大きくなり、膝関節伸展モーメントが小さくなっている理由も、同様に足関節が固定されていることが原因と考えられる。

#### 4. 階段降りにおける装具装着側下肢の筋活動と床反力（鉛直方向）

図6は、階段降りにおける装具装着側下肢の筋活動と床反力（鉛直方向）を示している。図4と同じように、導出した大腿四頭筋（外側広筋）、大腿二頭筋（長頭）、前脛骨筋、腓腹筋（外側頭）の筋活動と床反力（鉛直方向）において、「装具なし」と「DP-AFO」では、歩行周期全般を通じて同じような波形が見られた。「P-AFO」の立脚相の大腿二頭筋（長頭）において、「装具なし」と「DP-AFO」に比べ、大きな活動が見られなかった。これは、「P-AFO」は立脚相に足関節が背屈しないため、股関節の屈曲角度が大きくなってしまい、それを保持するために伸展モーメントが発生していると考えられる。また、「P-AFO」の前脛骨筋において、活動が見られなかった理由は、足関節が固定されているためと考えられる。「P-AFO」の床反力は、足関節が固定されているので、足底全面で下段に接地してしまうため、「装具なし」および「DP-AFO」の

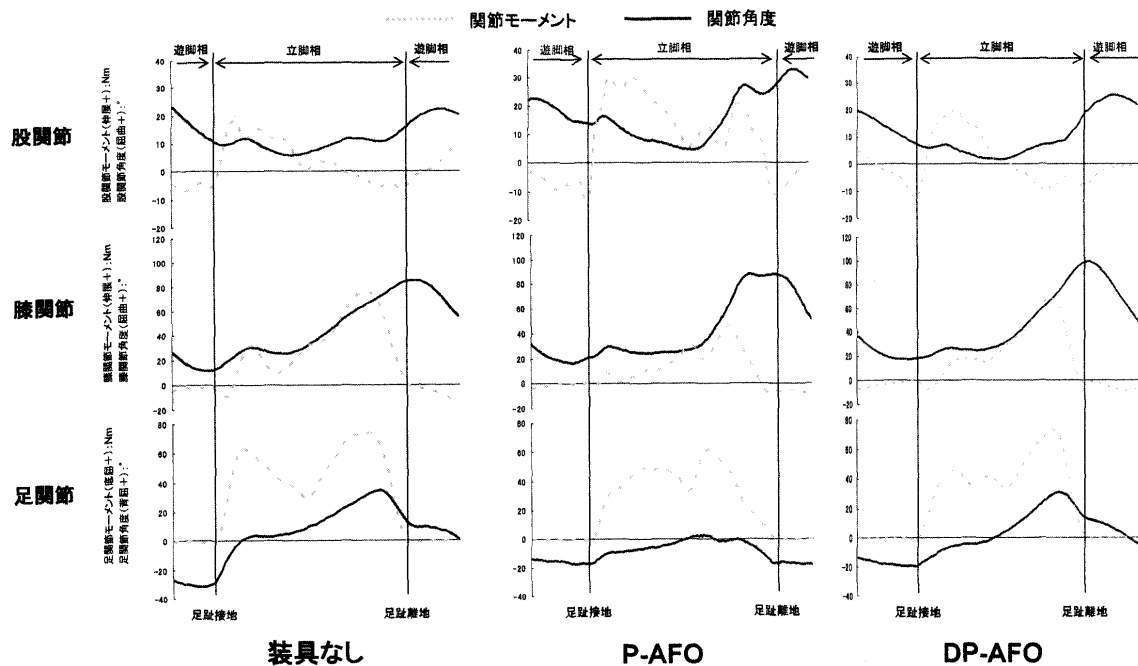


図5 階段降りにおける装具装着側下肢の関節角度と関節モーメント

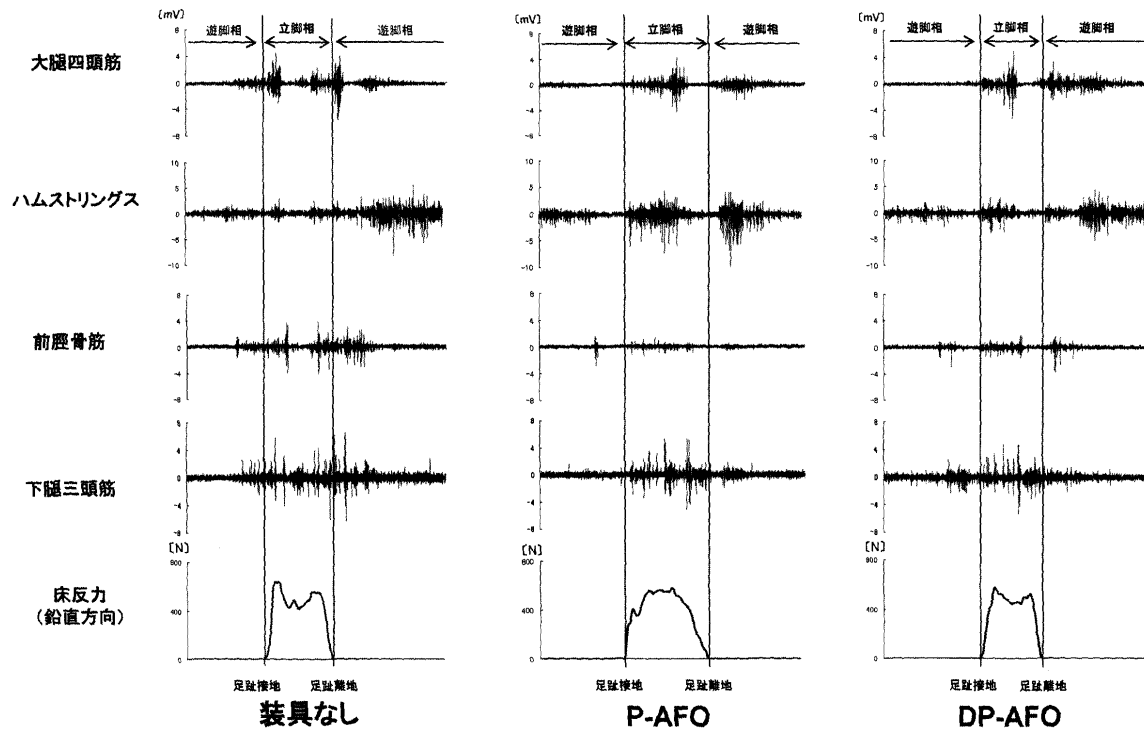


図6 階段降りにおける装具装着側下肢の筋活動と床反力（鉛直方向）

足趾接地時と足趾離地時に観察される二峰性の波形は見られなかった。

以上から、「DP-AFO」は、立脚相後期の足関節背屈角度を遊脚相の間、保持することができ、立脚相初期の踵接地と円滑な足底接地への移行を可能にしていること<sup>10-12)</sup>が力学的解析からわかった。つまり、「装具なし」の正常歩行に近似した関節角度、関節モーメントおよび筋活動を再現していることが示唆された。

#### IV まとめ

今回、健常成人について解析を行ったが、今後は脳卒中片麻痺患者に対して、同様に研究を行い、DP-AFOの効果判定について考察していきたいと考える。

この研究は、有限会社オルソからの研究助成金により行ったものの一部であることを付記する。

#### 文献

- 1) Mauritz K.H.: Gait Training in Hemiplegia, Eur J Neurol, 9 Suppl 1 : pp23-29, 2002.
- 2) Gok H, Kucukdeveci A, Altinkaynak H, et al: Effects of Ankle-foot Orthoses on Hemiparetic Gait. Clin Rehabil, 17 : pp137-139, 2003.
- 3) 日本義肢装具学会（編）：下肢装具のバイオメカニクス. 医歯薬出版株式会社. 1996.
- 4) 山本澄子：歩行分析からみた継手付きプラスチック装具の役割, 日本義肢装具学会誌, 19 : pp120-126, 2003.
- 5) 関川伸哉：短下肢装具が片麻痺歩行時の下肢筋活動へ及ぼす影響に関する研究, 日本義肢装具学会誌, 19 : pp316-322, 2003.
- 6) 山本澄子：動作分析に基づく片麻痺者用短下肢装具の開発, 理学療法科学, 18 : pp115-121, 2003.
- 7) 窪田俊夫, 山田恒弘, 中安祐吉ら：脳卒中患者の短下肢装具の適応決定につ

- いて 判別分析による検討，総合リハ，  
26：pp267-272，1998.
- 8) 山本澄子（臨床歩行分析研究会・編）：  
関節モーメントによる歩行分析.医歯薬  
出版株式会社. pp25-31，1997.
- 9) Perotto A.O.（柏森良二翻訳）：筋電図  
のための解剖ガイド. 西村書店. 1997，
- 10) 岩崎建次，崔 賢姫，下濱幸代ら：摩  
擦制動継手付短下肢装具の臨床応用，  
理学療法ジャーナル，37：pp661-666，  
2003.
- 11) 崔 賢姫，岩崎建次，下濱幸代ら：  
Dream Braceの適応と治療用装具とし  
ての可能性，理学療法学，29（Suppl）：  
p208，2002.
- 12) 谷本 健，原 龍一，佐藤三矢ら：改  
造型DreamP・AFO（Plastic AFO）  
の効果に関する一考察，理学療法学，  
29（Suppl）：p209，2002.
- 註1) 相馬俊雄，牧田光代，大西秀明ら：  
足関節非固定式装具（ドリームブレース）装着時の運動力学的解析および  
その効果判定，有限会社オルソに提出した報告書，2004.