

## 歩行における足部の可動域制限の影響

沖田 実<sup>1</sup> 中野 裕之<sup>1</sup> 田原 弘幸<sup>1</sup> 井口 茂<sup>1</sup>  
宮原 勝彦<sup>2</sup> 吉田 佳弘<sup>2</sup> 片岡 拓巳<sup>2</sup> 田口 厚<sup>3</sup>

**要旨** 異常歩行をきたす症例は、下肢、体幹の可動域制限、筋力の低下、疼痛、痙性などが原因である。その中で、距腿関節や足根中足関節など、足部の可動域制限によるものを多く経験してきた。そこで、足部の可動域制限が歩行に及ぼす影響を床反力、動作解析より検討し、理学療法のあり方について考察を加えた。その結果、heel strike後に荷重に対する調節が行われ、推進力は低下した。歩容においては、膝関節の角度変化に3種類の代償方法が考えられた。したがって、可動域制限を最小にとどめるとともに他の関節周囲筋の筋力強化、早朝からのアーチ機能の維持・向上、靴に対する配慮、工夫が必要と思われた。

長崎大医療技短大紀6:9-15, 1992

**Key words** : 足部, 可動域制限, 歩行, 床反力, 動作解析

### はじめに

足部は、距腿関節、距骨下関節、横足根関節、足根中足関節など多くの関節で構成されており、その役割は、身体の支持と推進にある<sup>1)</sup>。特に、歩行時には、床からの衝撃を直接受けるとともに、身体の推進力を床へ伝える働きがある。そのため、アーチによる衝撃緩衝作用や床面の変化に対応するため、足根骨や中足骨には多方向への働き<sup>2)</sup>が要求される。さらに、距腿関節には、底屈15度、背屈15度の可動域が必要とされ<sup>3)</sup>、その働きは、膝、股関節の動きと密接に関連し、円滑な体重心の移動を司っている。

臨床場面では、足関節固定術後、人工足関節全置換術後、足関節骨折など、足部に可動域制限を有する症例を経験する。これらの症例では、反張膝や体幹の前屈歩行などの異常歩行をきたし、二次的に関節、筋などに痛みを訴えることも少なくない。

そこで今回われわれは、足部の可動域制限が歩行に及ぼす影響を床反力、体幹の動き、膝関節の角度変化から分析し、理学療法のあり方についても考察を加えたので報告する。

### 対象と方法

対象は、健康成人男性10名、平均年齢は、23.2歳(20~29歳)である。被験者に対して

1 長崎大学医療技術短期大学部 理学療法学科

2 日本赤十字社長崎原爆病院 理学診療科

3 日本赤十字社長崎原爆病院 整形外科

は、左足部全体を底背屈中間位にてテーピングとプライトンで固定し、人為的に足部の可動域を制限させた。(以下、固定歩行と略す) この状態で、アニマ社製大型床反力計を設置した7mの歩行路上をcadence 100のスピードで歩かせた。同時に、矢状面、前額面よりビデオカメラにて歩容を録画した。また、裸足の状態(以下、裸足歩行と略す)でも同様の実験を行った。分析には、床反力計から垂直分力を導出し、その力積、微分曲線、特性点について検討した。さらに、歩行周期及び

立脚期・二重支持期の割合についても検討を加えた。録画した画像の処理は、position analyzerにて、身体各部位をプロットし、コンピューターに取り込んだ。解析には、日本事務光機 MVA-3型運動解析装置を用い、体幹の動き、膝関節の角度変化について検討を加えた。(図1)

結 果

1. 垂直分力

垂直分力の総和として求められた力積を体

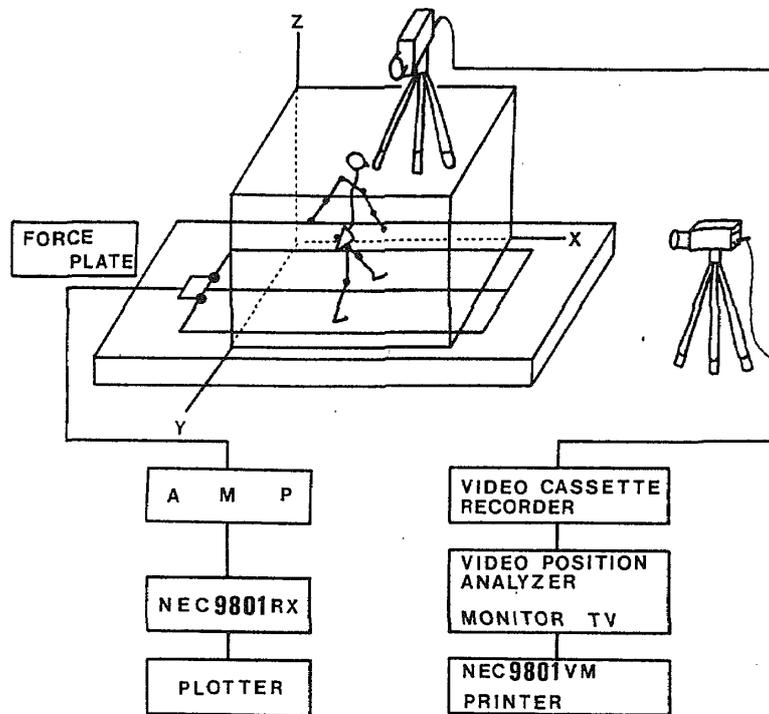


図1 実験方法

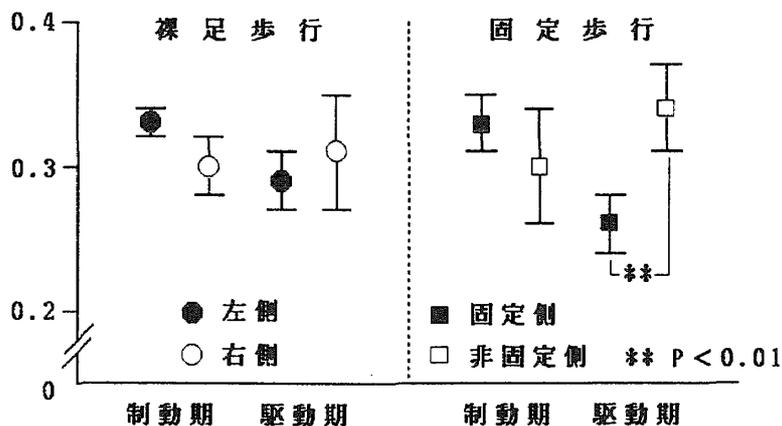


図2 力積対体重比の比較

歩行における足部の可動域制限の影響

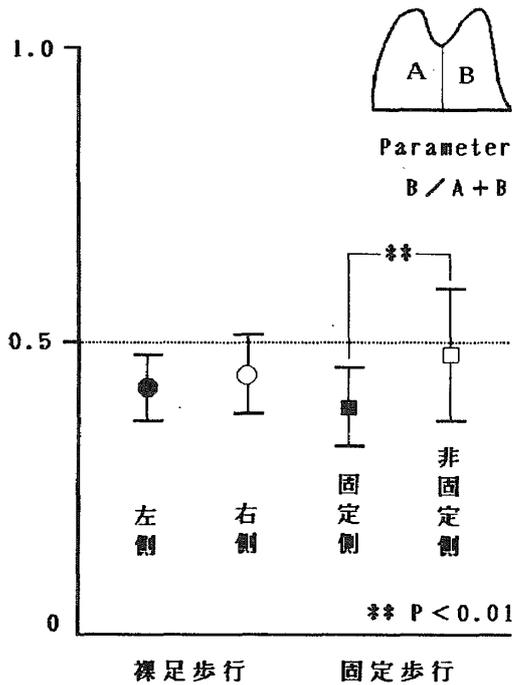


図3 垂直分力にしめる駆動期の割合

重で除した力積対体重比を制動期，駆動期に分けて比較した(図2)。裸足歩行では，制動期，駆動期ともに左右ではほぼ同じ値を示し，有意差はなかった。固定歩行では，制動期に有意差はないが，駆動期は，固定側 $0.26 \pm 0.02$ ，非固定側 $0.34 \pm 0.03$ と固定側が有意に小さかった。

次に，垂直分力全体にしめる駆動期の割合について比較した(図3)。これでも裸足歩行には，左右差はなかった。一方，固定歩行では，固定側が有意に小さかった。

2. 微分曲線(図4)

荷重，抜重の変化率を示す微分曲線<sup>4)</sup>を比較した。裸足歩行では，左右同様なパターンである。固定歩行では，矢印で示すように固

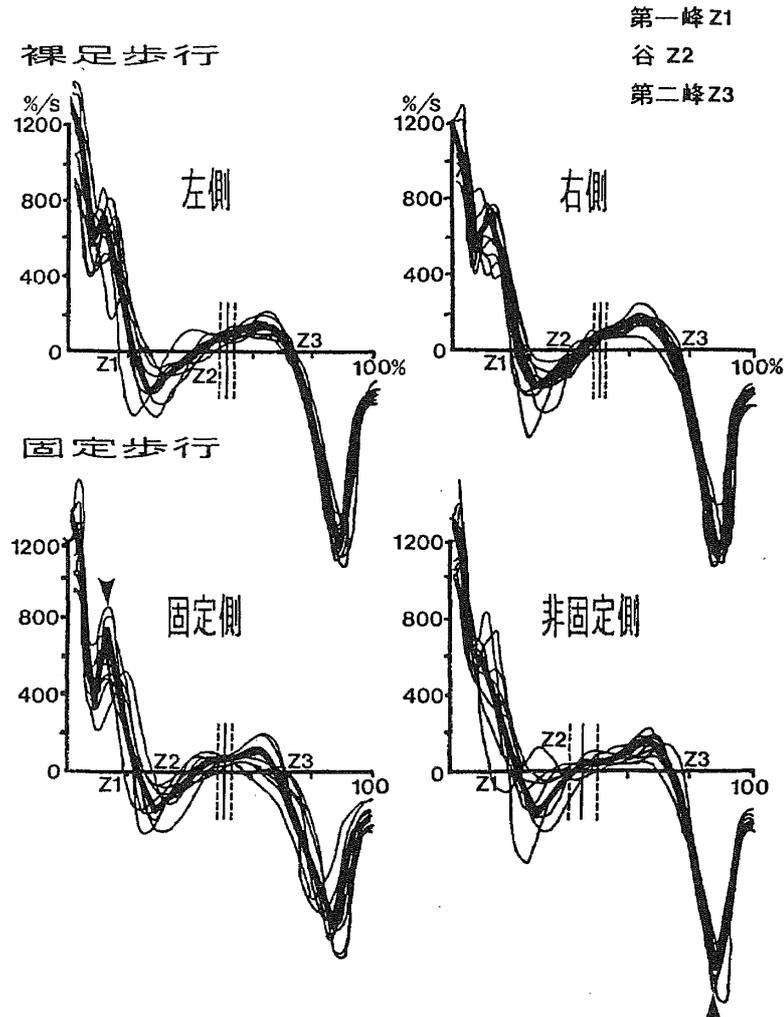


図4 微分曲線

定側で heel strike 後，変化率が低下し，一時的に著明な増加がみられた。さらに，同時期の非固定側の push off 時は，負の変化率が大きかった。

3. 立脚期・二重支持期の割合 (図5)

立脚期の割合は，裸足歩行において左右差はないが，固定歩行では，固定側が62.5%，非固定側が65.9%で非固定側が有意に延長していた。

次に，二重支持期については，着床時のそれを二重減速支持期，蹴り出し時のそれを二重推力支持期に分けて比較した。固定歩行では，非固定側の二重減速支持期が長くなり，二重推力支持期は短くなっていった。

4. 頭頂，肩峰，大転子の位置変化 (表1)

頭頂，左右肩峰，左右大転子について，上下，左右の最大移動距離を実測値で比較した。その結果，裸足歩行，固定歩行でどれも有意差は認められなかった。

5. 膝関節の角度変化 (図6)

裸足歩行における膝関節の角度変化は，立脚初期に軽度屈曲し，その後徐々に伸展する。そして，heel off 前より屈曲を開始し，遊脚期へ移行する。一方，固定歩行では，3種類のパターンが示された。I群は立脚期において屈伸を繰り返すもの，II群は軽度屈曲位のまま遊脚期へ移行するもの，III群は立脚初期に一度屈曲し，その後急激に伸展していくものである。さらに，膝関節の屈曲開始時期は，裸足歩行に比べI群，III群で遅くなっており，

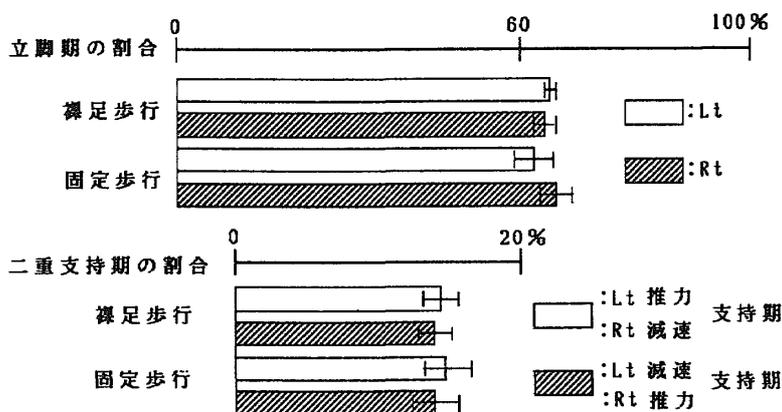


図5 立脚期・二重支持期の割合

表1 頭頂，肩峰，大転子の位置変化

	上下移動		左右移動	
	裸足歩行	固定歩行	裸足歩行	固定歩行
頭頂	3.18 ± 0.29	3.18 ± 0.35	5.94 ± 1.18	6.69 ± 1.75
左肩峰	3.85 ± 0.50	3.48 ± 0.77	5.42 ± 0.82	5.66 ± 1.13
右肩峰	3.43 ± 0.46	3.48 ± 0.56	5.35 ± 1.19	5.71 ± 1.24
左大転子	3.65 ± 0.51	3.58 ± 0.44	4.74 ± 0.89	4.25 ± 0.60
右大転子	3.53 ± 0.51	3.47 ± 0.73	4.53 ± 0.86	4.26 ± 0.86

単位：cm

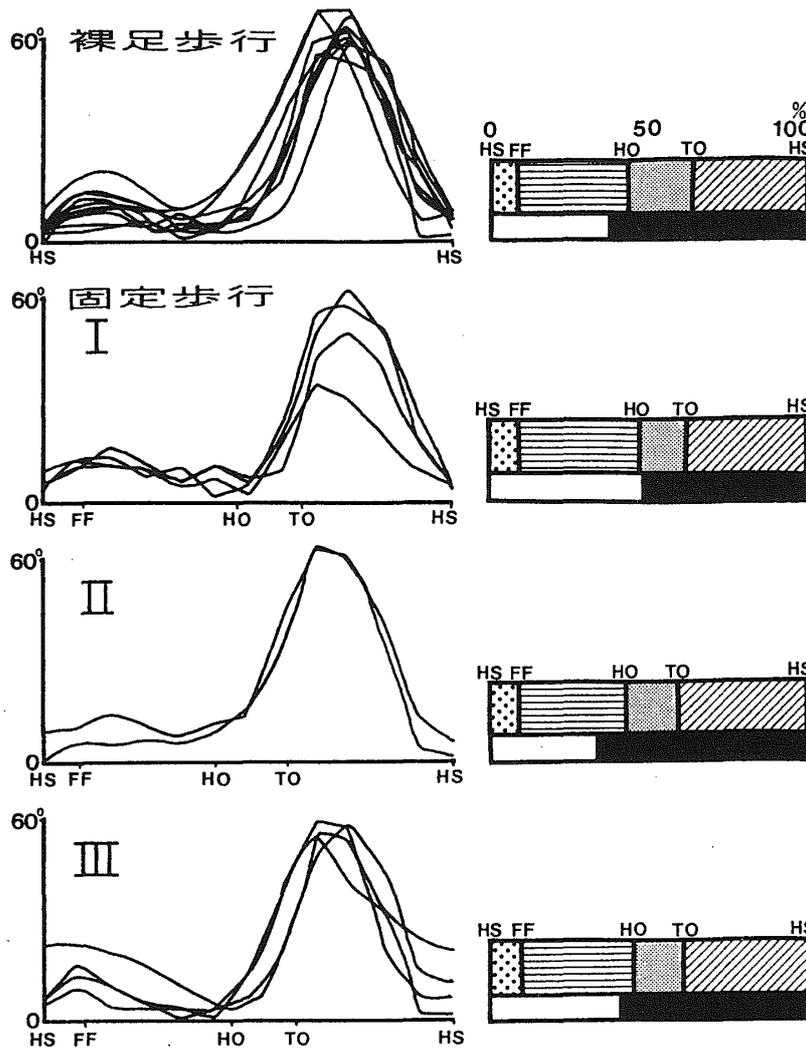


図6 膝関節の角度変化

伸展時間が長いことが伺える。

### 6. 垂直分力の変化 (図7)

膝関節の角度変化をもとにそれぞれの垂直分力の特性点について比較した。垂直分力の第一峰Z1に対する谷Z2の割合は、裸足歩行に比べI群、II群が有意に大きくなり、III群とは有意差はなかった。さらに、I群とII群には有意差はないが、それらはIII群より有意に大きかった。このことは、I群、II群は第一峰に対して谷が浅く、立脚中期で抜重がうまくできないことが伺える。次に、第二峰Z3に対する谷Z2の割合では、裸足歩行に比べ固定歩行は、I、II、III群の順で有意に大きかった。さらに、I、II、III群の間には、

それぞれ有意差が認められた。このことから、固定歩行は第二峰が小さく、蹴り出しが困難なことがわかった。

### 考 察

今回の結果から、足部の可動域が制限されると、固定側では、微分曲線においてheel strike後、変化率が一時的に増加し、制動期初期に荷重に対する調節が行われていることが伺われる。加えて、駆動期の力積が小さいことは、推進力が低下しているものと推察される。一方、非固定側は、固定側に比べて駆動期の力積が大きく、微分曲線にみられる急速な抜重があり、歩行全体の推進力を生みだしているものと思われた。さらに、非固定側

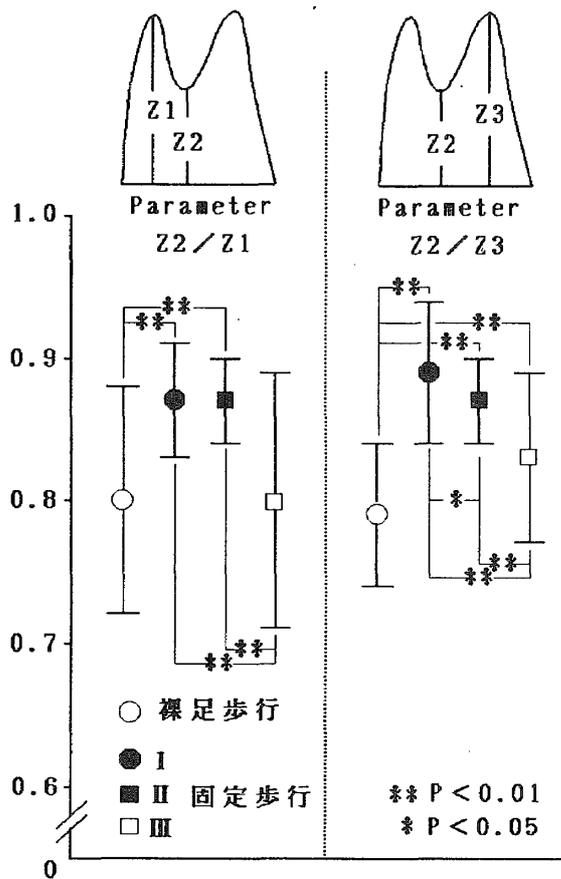


図7 垂直分力の変化

の立脚期，二重減速支持期の延長がみられたことは，固定側で足根骨や中足骨などの多方向への動きが制限されたことにより，立脚期，特に，蹴り出しの際の側方への安定性を高めていると推察される。また，歩容については，頭部，体幹の動きには変化がみられなかったが，膝関節においては，ほぼ3種類の代償方法が考えられた。これらのことは，Saundersが距腿関節及び距骨下関節の固定を行った場合，立脚初期の膝関節の初期屈曲が増大し，矢状面での関節軸の移動が変化するものの，これにより重心の上下動はほぼ代償される<sup>6)</sup>という報告と類似している。膝関節による代償運動は，体重心の移動や蹴り出しを補っているものと考えられるが，垂直分力で見ると，I，II群は抜重が困難で，3群とも蹴り出しは不十分である。また，III群では抜重が可能であったが，立脚期を通じて反張膝の傾向があり，膝への負担も大きくなるものと考えら

れる。そのため，実際の運動療法を進める上では，代償運動が機能的な範囲で，疼痛や過伸展など生体に悪影響とならないよう十分な指導が必要である。しかしながら，代償運動は歩容を変化させたり，疲れやすくするだけでなく，他の関節の負担を強める原因にもなっている。したがって，足部に可動域制限を有する症例に対しては，距腿関節の底背屈の可動域をできる限り得るとともに早期から足根骨や中足骨の動きを得ることが不可欠である。また，可動域制限が残存する時は，代償運動に耐え得るだけの膝，股関節周囲筋，体幹筋の強化が要求されてくる。加えて，歩行訓練では，衝撃緩衝性や体重移動，蹴り出しが可能となる工夫が必要であろう。われわれは，早期よりアーチ機能の維持・向上に努め，背屈制限に対して靴にヒールを取り付け，足部を底屈位にし，背屈への動きを得る試みを行っている。さらに，底屈制限に対しては，踵部に沈み込む材質を用いることで見せかけの底屈の動きを得，衝撃緩衝性も高めている。また，筋力の低下が見られる時には，支持面を拡大し，安定性を高めることも必要と考えている。今後は，これらの効果判定についても検討していきたい。

文 献

1. 中村隆一，斉藤 宏：基礎運動学，医歯薬出版，東京，1976，pp207-214
2. 石塚忠雄：人間にとっての足について，理学療法6：239-246，1989
3. 武智秀夫，明石 謙：義足，医学書院，東京，1972，pp193-195
4. 盛合徳夫：歩行分析(4)―床反力分析を中心として―，総合リハ5：285-294，1977
5. Saunders J.B：The major determinants in normal and pathological gait，JBJS 35 (A)：543-558，1953

(1992年12月28日受理)

## The effect of limited range of motion in the foot on gait

Minoru OKITA<sup>1</sup>, Hiroyuki NAKANO<sup>1</sup>, Hiroyuki TAHARA<sup>1</sup>,  
Shigeru INOKUCHI<sup>1</sup>, Katsuhiko MIYAHARA<sup>2</sup>, Yoshihiro YOSHIDA<sup>2</sup>,  
Takumi KATAOKA<sup>2</sup> and Atushi TAGUCHI<sup>3</sup>

- 1 Department of Physical Therapy,  
The School of Allied Medical Sciences, Nagasaki University
- 2 Department of Physical Therapy,  
Japan Red Cross Nagasaki Atomic Bomb Hospital
- 3 Department of Orthopaedic Surgery,  
Japan Red Cross Nagasaki Atomic Bomb Hospital

**Abstract** Abnormal gait is the result of limited range of motion in the lower limbs and trunk, muscle weakness, pain, and spasticity. We often experienced patients who presented with abnormal gait because of limited range of motion in the foot.

Thus we investigated the effect of limited range of motion in the foot on gait using force plate and motion analysis, and we considered the status of physical therapy for limited range of motion in the foot.

- 1) The weight bearing was controlled after heel strike
- 2) The acceleration force decreased.
- 3) The knee angle variation could be categorized into three patterns.

We considered it important, therefore, to minimize limitations on range of movement, to strengthen knee, hip and trunk muscles, to maintain arch function from the early stage, and to consider and improvise the structure of shoes.

Bull. Sch. Allied Med. Sci., Nagasaki Univ. 6 : 9-15, 1992