

# 包帯固定時の自由歩行における荷重分布の変化

ライフケア学科 身体機能ケア専攻

川崎 一朗、大野 均、郡 佳子、田辺健一郎

Analysis of load distribution with the bandage fixation in walking

Physical Functional Restoration Course, Department of Life Care  
Ichiro Kawasaki, Hitoshi Ohno, Yoshiko Koori, Kenichiro Tanabe

**Abstract** The first purpose of this study is the orbit analysis of the center of foot pressure (CFP) when the healthy male volunteers walk freely. The second is the investigation the influence on the load distribution and gravity shifting by the bandage fixation. The subjects were 12 adult males without any diseases in their lower limbs. The orbit of CFP and the change of foot load distribution were measured by the foot force measurement system under the condition with the bandage fixation or without it. The load distribution of foot forepart with the bandage fixation decreased by comparison to those without the bandage fixation when the subjects were walking freely. In addition, the load distribution of foot lateral part increased comparatively. And, we investigated the influence of the bandage fixation on the 5° inclination of the grounded board. It's interesting that the standard deviation X (SDx) in the orbit analysis of CFP with the bandage fixation decreased by comparison to those without the bandage. Moreover, SDx decreased more significantly on 5° inclination than on 0° inclination. There was not the influence on center of gravity transfer (SPL ; Sway path length ) with the bandage fixation when standing position. These results suggest that the bandage fixation of the foot joint and foot region equalize the plantar pressure distribution of the load foot when the volunteers walk freely. Thus, the results suggest that the bandage fixation of the foot joint and foot region reduce the ligament stress.

**要旨** 本研究の目的は健常者の自由歩行において足底圧中心 (CFP) の軌道分析を行い、包帯固定時における荷重分布・身体重心移動への影響を検討することである。対象は下肢に疾患のない成人男子12名とした。フォースメジャーメントシステムを使用し、裸足と包帯固定の条件下でCFPの軌道と足底の荷重分布の変化を計測した。自由歩行では、裸足時と比べ包帯固定時において前足部への荷重分布が減少し、さらに外側への荷重分布が増加した。また、足底接地面に5°の傾斜をつけた時の自由歩行における包帯固定の影響を検討した。興味深いことに、傾斜をつけたときのCFPの軌道分析では、裸足時と比べ包帯固定時において、左右方向の標準偏差 (SDx) が減少した。また、この実験系では傾斜0°より傾斜5°の方がより顕著にSDxが減少した。立位静止時では包帯固定による身体重心総軌跡長 (SPL) への影響はみられなかった。今回の研究から足関節・足部への包帯固定は自由歩行時における荷重足の足底圧分布をより均等なものとし、靭帯ストレス軽減に対し有効性を示唆する結果が得られた。

## I. 緒言

従来より、柔道整復師は四肢関節損傷に対し包帯固定を行っている。その目的は患部の安静・圧迫・機能的補助として損傷部の治癒機構を高めることから、現在も臨床現場において広く用いられている。しかしながら、包帯固定の効果を検証した学術的報告は少なく、科学的根拠は未だ不十分である。少ない学術報告の中でも包帯固定に関する研究は主に関節へ圧迫力・固定力に着目した報告が多い。今回検討した足関節・足部への包帯固定の研究においても、距腿関節の機能制御

について検討しているものがほとんどである。<sup>1)~3)</sup> 足関節・足部損傷の治療において、関節の可動域を制限し患部の安静を保つことは治療上大変重要である。しかしながら、治療過程において関節の可動域を完全に制限すると、循環障害・関節拘縮・ADLの低下など様々な二次的障害が発生するおそれがある。したがって、患部の安静を保ち、歩行を比較的制限しない包帯固定は、治療における二次的障害を軽減する上で有効であると考えられる。そこで本研究では、歩行時における包帯固定の効果を調べるため、健常者を足関節・足部外傷患者と想定し、自由歩行時の足関節の機能お

よび重心移動における包帯固定の影響を検討することとした。測定は足底圧中心 (center of foot pressure ; CFP) 軌道分析を行い、包帯固定における荷重分布・身体重心移動への影響を考察し、足関節・足部損傷に対する治療効果について検討した。

## II. 研究方法

### 1. 対象

対象は21～37歳 (28.3±4.7歳) の平衡機能、下肢機能に問題のない成人男子12名で、身長 of 平均値および標準偏差値は173.6±5.8cm、体重は73.8±13.6kgであった。

### 2. 測定機器及び測定条件

測定機器はForce measurement system (PDM-S01、Zebris社製) を使用した。測定対象は右足とし、非伸縮性の綿包帯 (幅5cm、佐藤商事株式会社製) による足関節の包帯固定を行った。包帯は全て順巻きにて固定を行い、長さ5mを全て巻ききった (Fig.1)。測定は裸足と包帯固定の条件下で自由歩行における荷重分布・身体重心移動への影響を調べた。全ての被験者には実験の趣旨は説明せず、測定方法のみ紙面及び口頭にて説明し、同意を得た後に実験を行った。また、測定条件をできる限り一定とするため、包帯施行者は熟練者にて同一の者とした。

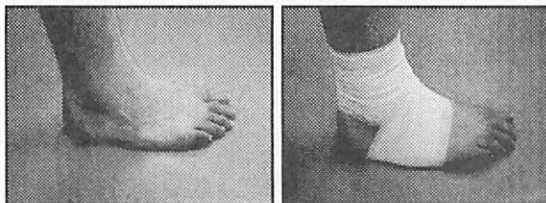


Fig.1 非伸縮性巻軸包帯を用いた包帯固定



Fig.2 一歩行周期におけるCFP測定方法

### 3. 課題動作・測定項目

#### (1) 歩行ダイナミックテスト

自由歩行における一歩行周期での計測を各被験者5回ずつ行った (Fig.2)。歩幅、運動速度は各被験者任意のものとした。また、歩行時には計測板を見ず前方を見て測定するよう注意を促した。分析は歩行時の足底における経時的荷重分圧の変化より、包帯固定による荷重分布への影響を調べた。また、歩行時の重心移動軌跡 (center of foot pressure ; CFP) から重心左右

移動軌跡偏差 (Standard deviation X ; SDx) を解析し、包帯固定による影響を調べた。同様の実験系にて足部内側を高くした、傾斜5° の計測板を用い測定を行った。

#### (2) 下肢荷重スタティックテスト

両足立位にて90秒間の静止状態を保持するよう指示し、各被験者3回ずつ測定を行った。測定の際には視覚的影響をなくするためアイマスクをした上、開眼にて計測を行った。また、計測板上の足の位置は自然立位にて任意の幅とした。但し、包帯固定時と裸足時の足の位置を同一に定め、同条件にて計測を行った。測定は計測開始から終了までの重心点の総軌跡長 (Sway path length ; SPL) を計測し、裸足時と包帯固定時の重心動揺の変化を調べた。

## III. 結果

### 1. 荷重分布の変化

裸足と包帯固定の条件下で歩行ダイナミックテストを行い、計測板0° または計測板5° における荷重分布の経時変化を測定した。その結果、裸足時と比べ包帯固定時では前足部への荷重分布に減少傾向を示した (Fig.3、Fig.4)。グラフにある2つの波形のピークはそれぞれ踵部 (0.1～0.2秒) および前足部 (0.5～0.6秒) にかかる圧力であり、0.5～0.6秒における前足部の波形では、裸足時と比べ包帯固定時において前足部への荷重分布に減少傾向が認められる。また、足底圧陰影では裸足時と比べ包帯固定時では前足部 (特に母趾球部、母趾腹部) の荷重分布の減少、および足部外側への荷重分布に増加傾向を示した。これらの結果は被験者12名中9名において認められた。

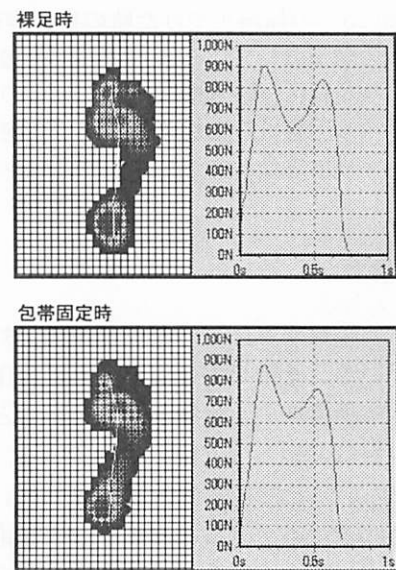


Fig.3 測定板の傾斜0° での荷重分布の変化

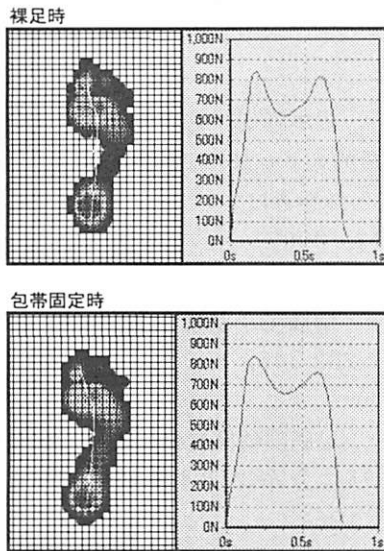


Fig.4 測定板の傾斜5°での荷重分布の変化

## 2. 足底圧中心 (CFP) の軌跡解析

次に歩行ダイナミックテストによるCFPの軌跡解析を行った (Fig.5)。その結果、計測板の傾斜0°の条件では裸足時と比較し、包帯固定時ではSDxに減少傾向を示した。この結果は被験者D、Kを除き12名中10名において認められた。統計処理は対応のあるt検定による評価を行った ( $p < 0.01$ )。また、計測板の傾斜5°の条件下においても、被験者Dを除き12名中11名に同様の結果が得られた ( $p < 0.01$ )。興味深いことに、包帯固定による効果は、計測板の傾斜0°と比較すると傾斜5°の方がより顕著にSDxに減少傾向を示した (Fig.6)。この結果は被験者D、J、Kを除く12名中8名に認められた。統計処理は対応のあるt検定による評価を行った ( $p < 0.01$ )。

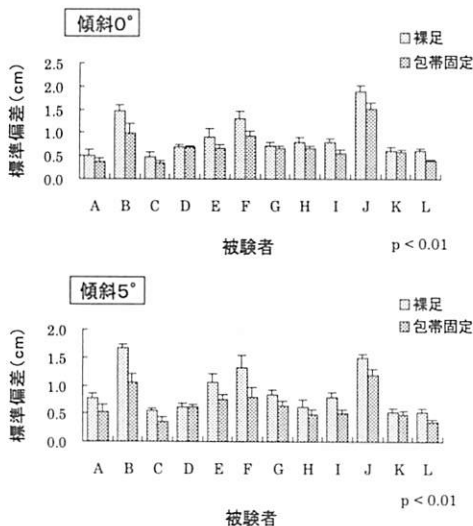


Fig.5 CFP側方変位の標準偏差

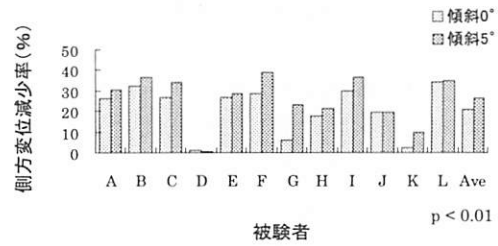


Fig.6 包帯固定時における側方変位の減少傾向

## 3. 立位静止時における重心動揺への影響

立位静止時において下肢荷重スタティックテストを行った (Fig.7)。重心総軌跡長SPLは裸足時および包帯固定時では有意な差異は認められなかった。統計処理は対応のあるt検定による評価を行った ( $p > 0.05$ )。

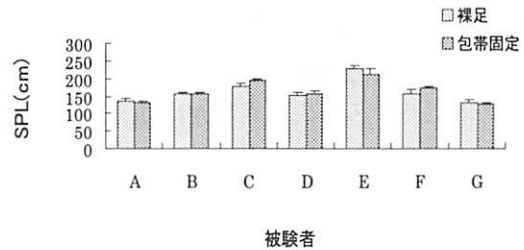


Fig.7 身体重心総軌跡長 (SPL)

## IV. 考 察

### 1. 自由歩行における包帯固定の影響

本研究により、足関節・足部の包帯固定は自由歩行時において前足部の荷重分布に減少傾向をもたらし、外側への荷重分布を増加させる事が明らかとなった。また、包帯固定によりCFP軌道におけるSDxに減少傾向をもたらした。これらの結果を考察すると、包帯固定による足関節の底屈制限による影響が考えられる。本来、足関節 (距腿関節) の動きは関節運動軸に傾斜がある事、外果が内果より低く螺旋関節である事により、底屈時には内がえし、背屈時には外がえしの動きが生じる<sup>4)</sup>。また、自由歩行における重心移動は踵部から始まり、足部外側→母趾球部→母趾腹へと軌道をたどる事が知られている。<sup>4)</sup> 本研究の包帯固定では足関節底屈時の内がえし作用に一定の制限を加えており、前足部への荷重分布を減少させ、CFP軌道におけるSDxを減少させているものと考えられる。これらの結果より、本研究の包帯固定は自由歩行時において身体重心の動揺を減少させ、荷重分散による靭帯ストレスの軽減に対し有効であることが示唆された。

## 2. 重心動揺における包帯固定の影響

下肢荷重スタティックテストにおいて包帯固定による重心動揺への影響は認められなかった。足底軟部組織の知覚終末分布状態に関して本部はマイスネル小体を含む乳頭の発育は前足部接地面に良く発達し、特に第1中足骨頭部で最も強く、次いで踵部、外側接地面の順であると報告している。<sup>5)</sup> よって、足底部の包帯被覆位置は重心移動の調節において重要なファクターであるが、本研究の包帯固定法は距腿関節を被覆し、足底部は踵部から母趾球部までのみが覆われているのであるため、足底部の感覚受容器への影響は少なかったものと考えられる。また、下肢荷重スタティックテストでは視覚による影響を少なくしたため、重心移動の調節は体幹の姿勢調節および足部固有受容器の求心性情報による影響が大きいと考えられる。<sup>6)~8)</sup> しかしながら、本研究での包帯固定では足関節および足趾の機能は一定以上確保されており、重心移動の調節に影響が少なかったと予想される。以上の理由から裸足時と包帯固定時でのSPLに差異がなかったものと考えられる。

## V. 結 言

- ・裸足時と比べ包帯固定時では、自由歩行時における荷重足の足底圧分布がより均等なものとなった。
- ・裸足時と比べ包帯固定時では、自由歩行時におけるCFP軌道の左右移動偏差を減少させた。
- ・裸足時と比べ包帯固定時では、立位静止時でのSPLに差異を認めなかった。

本研究の結果より、綿包帯による固定が足関節・足部損傷の治療において有用であることが示唆された。今後はさらに包帯固定における効果の経時的変化、その他の固定材料による治療効果への検討が必要である。また、損傷が大きい場合においては包帯固定のみでは固定力を確保できないことも考えられるため、副子を用いた固定など損傷程度に応じた処置の検討も必要である。

今後このような伝統的手法を科学的に立証することにより、科学的根拠を持った柔道整復学の治療法確立がなされるものと期待される。

## VI. 参考文献

- 1) 竹内義享、澤田規、田口大輔：綿包帯と伸縮性包帯により生じる圧迫圧の評価。柔道整復接骨医学誌 14:4 290-296. 2006
- 2) 小林康律、伊澤政男、斉藤隆一、井口稔、竹内廣尚、田中重陽、角田直也：動的平衡性制御能に及ぼす包

帯固定の効果。柔道整復接骨医学誌 15:3 210. 2007

- 3) 小林直行、根本隆司、宮川俊平：足関節内反捻挫に対する定量的ストレスX線計測を用いた綿包帯の固定力-内巻きと外巻きについて。柔道整復接骨医学誌 16:1 8-13. 2007
- 4) 中村隆一、齋藤宅：基礎運動学，第5版。医歯薬出版，東京，232-345. 2000
- 5) 本部紹一：足底部軟部組織における知覚神経終末の形態ならびに分布に関する研究。日整会誌 41 275-287. 1967
- 6) 竹内弥彦：足底各部の機械受容感覚刺激が足底中心移動範囲に及ぼす影響。理学療法学会誌 29:7 250-254. 2002
- 7) 横山茂樹、高柳公司、松坂誠應、大城昌平、金々江光生、東英文：足底部感覚情報が立位姿勢調整および歩行運動に及ぼす影響。理学療法学会誌 22:3 125-128. 1995
- 8) 竹内弥彦、下村義弘、岩永光一、勝浦哲夫：重心側方移動時の足圧中心動揺特性と体幹動揺・下腿筋力の関係。日本生理人類学会誌 10:1 23-27. 2005