

足関節包帯固定時の足底圧中心動揺の研究 —綿包帯と弾性包帯の比較検討—

ライフケア学科 柔道整復専攻

甲斐 範光、長須 達也、畑山 元政

上村 知弘、土居 誠、大野 均

A study of analyzing the sway length of the center of foot pressure with ankle bandage fixation
-Comparison of elastic bandage and cotton bandage-

Judo therapy course, Department of life care

Norimitsu Kai, Tatsuya Nagasu, Motomasa Hatakeyama,
Tomohiro Kamimura, Makoto Doi, Hitoshi Ohno

要 旨

本研究の目的は我々柔道整復師が治療で用いている足関節への包帯固定が足部の安定性に関与するのかを検証することである。健常者を軽度捻挫の被験者と仮定し包帯固定を行い、自由歩行時の足底圧中心（center of foot pressure:CFP）についての研究を行った。また、固定として広く用いられている綿包帯と弾性包帯の固定力に差があるのかについても実験を行った。対象は下肢機能に問題のない、足関節に捻挫や骨折の既往歴がない健康な男性5名とした。測定には Force measurement system（PDM-SO1Zebris製）を使用し、裸足・綿包帯固定・弾性包帯固定の各条件下における CFP の重心左右側方移動偏差（Standard deviation X:SDx）から側方動揺を計測した。

測定の結果、自由歩行時の CFP の SDx データの比較を行うと、同一被験者、同一条件であっても、右足・左足で測定値に差が認められた。また、綿包帯固定下では自由歩行時の CFP の SDx は裸足と比較して減少傾向を示した。一方、弾性包帯固定下では自由歩行時の CFP の SDx は、右足・左足ともに裸足との明確な有意差は認められなかった。

今回の研究から足関節の綿包帯による包帯固定は自由歩行時側方への動揺を防ぎ、CFP 移動軌跡に安定性をもたらすことが示唆された。足関節への綿包帯による固定は自由歩行の足部の安定に関与し、損傷を受けた靭帯へのストレス軽減に有効であることが考察された。一方で弾性包帯は、固定としての役割は少なく、足部の被覆の役割が強いと、結果から考察された。

【緒 言】

I 研究の背景

我々柔道整復師が対象とする下肢外傷の中で足関節捻挫（足関節外側靭帯損傷）の新鮮例が占める割合は非常に多い。また、スポーツを原因とする外傷においては足関節部の占める割合は10～15%であり、足関節の傷害の中では捻挫が70%を占める。¹⁾

比較的軽度の足関節内反捻挫では、柔道整復師は独自の治療法として、靭帯損傷が軽度であっても組織修復や末梢神経感作の影響を考慮し綿包帯で固定をすることが一般的である。²⁾しかし、固定を行わない経過観察や固定の簡便さから弾性包帯による治療法が選択

される場合も少なくない。

包帯法については柔道整復師養成者向けの教科書、看護師向けのテキストなどで巻き方や技法についての記述はあるが有効性についての説明はない。

実際、臨床の現場でも綿包帯や弾性包帯による固定材料の選択やそれらの固定力について統一された見解がなく、医療機関の治療者により様々な方法で固定がされているのが現状である。また、包帯固定に対する学術的検証をした報告も少なく、科学的治療根拠は不十分である。そこで本研究では健常者を軽度捻挫の被験者と仮定し包帯固定を行い、自由歩行時の足底圧中心（CFP）の測定を行い、足部の安定性に対する固定包帯の関与を調べた。また、綿包帯と弾性包帯の固定

力の差についても検討をした。

まず、実験に先駆けて足関節の解剖学的特徴と、その機能的特徴についてまとめる。

II 足関節の解剖と機能

足関節は2つの関節によって構成される。距腿関節と距踵関節である。距腿関節は側方に内果と外果が存在するため、側方安定性が高い。外果は内果より10mm程長い。³⁾ そのため足関節の側方安定性は外側の方が高い。しかし立位において重心は足関節の内方を通過するため、荷重ストレスは内方で大きくなる。そのため足関節では外反（距腿関節において距骨の遠位部が下腿骨軸に対して外側に強制されること）を制動する内側靭帯が発達し、側方安定性を高めている。一方、外側の側方安定性は骨性支持に依存しているため、内反（距腿関節において距骨の遠位部が下腿骨軸に対して内側に強制されること）を制動する外側靭帯は内側ほど発達していない。そのため、外側靭帯は解剖学的に内側靭帯と比較して脆弱である。

足関節外側靭帯は前距腓靭帯（anterior talofibular ligament:ATFL）、踵腓靭帯（calcaneofibular ligament:CFL）、後距腓靭帯（posterior talofibular ligament:PTFL）の三つから構成されている⁴⁾

（Fig.1）。機能的には前距腓靭帯（ATFL）は足関節の底屈位にかけて、踵腓靭帯（CFL）は中間から背屈位にかけて、さらに後距腓靭帯（PTFL）は背屈位にかけて、それぞれ足関節の側方安定性に寄与している。

距腿関節は脛骨と腓骨からなる果間関節窩に距骨滑車がはまり込み安定を保っている（Fig.2）。距腿関節の滑車関節面の横幅は前方が5mm広い扇形で後方が狭いため、足関節背屈位では広い滑車前方が楔状にはまり込み（Fig.3）、脛腓靭帯の緊張により側方の安定性が保たれる（Fig.4）。逆に底屈時には不安定で靭帯や関節の噛み合わせが緩やかな外距果関節の内転内旋方向に緩みを生じる構造となっている。そのため、足関節の内返し強制では外側靭帯にストレスが加わりやすくなっている。

次に足関節の捻挫について、概要をまとめる。

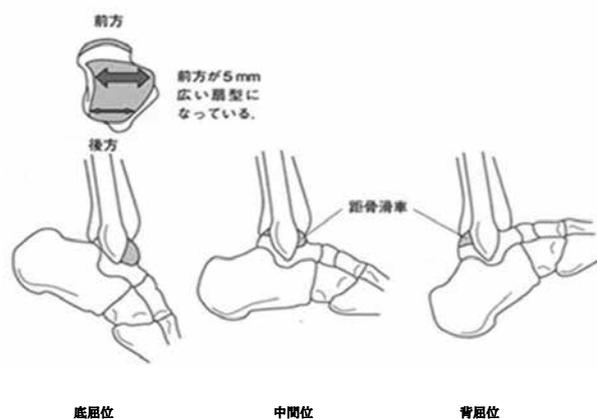
足関節の解剖と機能



Fig.1⁴⁾ 足関節外側靭帯

- ① 前距腓靭帯（anterior talofibular ligament:ATFL）
- ② 踵腓靭帯（calcaneofibular ligament:CFL）
- ③ 後距腓靭帯（posterior talofibular ligament:PTFL）

足関節の構造的特徴と靭帯の働き



距骨滑車の構造と距腿関節の運動

背屈位：距骨滑車の前方部分が関節窩に嵌まり込むため、側方安定性が高まる。

底屈位：距骨滑車の後方部分が関節窩に嵌まり込むため、側方安定性が低くなる。

※解剖学的に足関節は脛骨と腓骨からなる顆間関節窩に距骨滑車ははまり込み安定を保っている。距腿関節の滑車関節面の横幅は前方が広く後方が狭いため、足関節背屈位では広い滑車前方が楔状にはまり込み、脛腓靭帯の緊張により側方の安定性が保たれている。

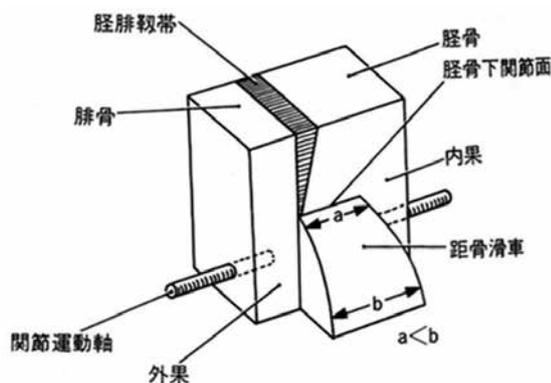


Fig.2⁵⁾ 距腿関節の模式図

Fig.3⁶⁾ 距腿関節の模式図



前距腓靭帯の機能

前脛腓靭帯は、足関節の背屈運動で緊張する。そのため、前脛腓靭帯損傷は、足関節背屈位を強く強制され、足部を外転した時に生じやすい。

Fig.4⁷⁾ 前脛腓靭帯の働き

III 受傷機転と損傷程度

1) 受傷機転

足関節はその解剖学的構造から捻挫の多くは足部が内返し（底屈・内転・回外）強制されたときに起きると考えられている（Fig.5）。その際、外側の側副靭帯つまり前距腓靭帯（ATFL）、踵腓靭帯（CFL）、後距腓靭帯（PTFL）が損傷される。足部に内反が起き、足関節に内返し強制された場合、まず前距腓靭帯（ATFL）が緊張する。足関節底屈位で側方安定性に関与している前距腓靭帯は解剖学的にも脆弱であり、外側靭帯の中では最も損傷しやすい。足関節の内反捻挫では一般的に前距腓靭帯の損傷が起き、さらに強い外力が加わると関節包も含めて踵腓靭帯（CFL）が損傷される。また、さらに外力が加えられると後距腓靭帯（PTFL）の損傷や骨折へと損傷が進んでいく。⁹⁾

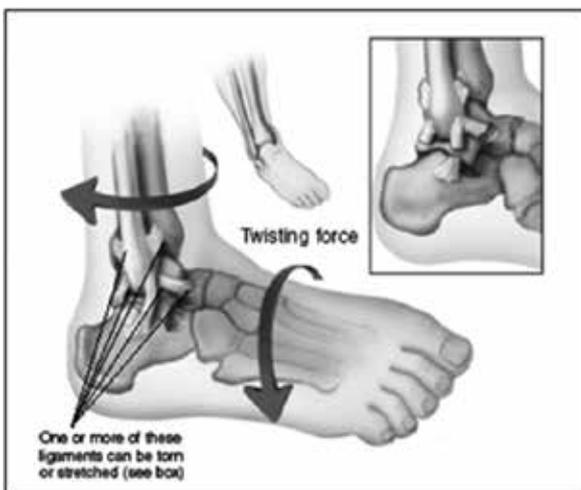


Fig.5⁸⁾ 内反捻挫の受傷機転

2) 損傷程度

足関節の靭帯損傷程度については O'Donohue の分類では I 度は ATFL あるいは CFL の微細損傷（不安定性なし）、II 度は ATFL あるいは CFL の部分断裂（不安定性なし）、III 度は ATFL あるいは CFL の完全断裂（不安定性あり）の三つに分けられている。（Fig.6）

（捻挫の程度による分類）	
I 度	靭帯繊維の微小損傷、疼痛腫脹も少なく圧痛、機能障害も軽く、不安定性はない。
II 度	靭帯の部分断裂、不安定性が軽度から中程度みられ、機能障害も認める
III 度	靭帯の完全断裂であり、関節の不安定性は顕著にみられ、機能障害も高度

O' Donohue の分類

Fig.6¹⁰⁾

【研究目的】

本研究の目的は足関節に施した固定包帯の自由歩行時の足部安定性への関与を検討することである。

先行研究として足関節外側靭帯損傷後に外側に動揺する傾向がある足底圧中心¹¹⁾が、足関節の包帯固定によって変化するのか、包帯の素材の違いが固定力に影響するのかを検討する。また、被験者に官能アンケートを行い被験者の感覚と測定の結果にどのような関係があり、包帯固定が作用しているのかを考察することである。

【研究対象】

下肢機能に問題のない、過去、足関節に捻挫や骨折の既往歴がない健康な男性 5 名、年齢：20 歳～28 歳（24.6 歳 ± 3.91 歳）、身長：170cm～180cm（173.4cm ± 4.77cm）、体重：65kg～80kg（72.4kg ± 6.02kg）の右足 5 足、左足 5 足を対象とした。

過去、足関節に外傷既往歴のない者を対象としたのは、先行研究から足関節捻挫受傷者の約 10% から 30% の者に足関節不安定性（Chronic ankle instability: CAI）が残るとの報告があり、^{12) 13)} 不安定性を有する足関節では CFP の SDx 測定値に誤差が生じるため、対象から除外した。

【研究方法】

それぞれの足関節で、裸足・綿包帯固定・弾性包

帯固定の各条件下における足底圧中心（center of foot pressure:CFP）の重心左右側方移動偏差（Standard deviation X:SDx）から側方動揺を計測した。

測定機器は Force measurement system（PDM-SO1Zebris 製）を使用し、綿包帯 5 裂（幅 5.5cm、イワツキ株式会社製）と弾性包帯 5 裂（幅 5.5cm、イワツキ株式会社製）を使用して足関節を固定した。

足関節の包帯固定法は順巻き（Fig.7）の麦穂帯で施行した。包帯の走行は下記の走行で統一した。

足関節内果外果直上で環行帯 3 回→下行麦穂帯 10mm ずらし 3 回→末梢部で 2 回環行帯→上行麦穂帯 10mm ずらし 3 回→足関節内果外果直上で環行帯 2 回とし固定した（Fig.8）。

包帯の長さは対象の足のサイズによる固定量の差異を避けるため、すべて上記方法にて巻ききったところでカットした。

測定は裸足と包帯固定それぞれの条件下で自由歩行を行ってもらい、1 歩行周期における第 2 歩目（Fig.9）の CFP の SDx（Fig.10）を解析し、包帯固定による影響を調べた。計測にあたっては被験者の計測足が第 2 歩目で測定板の中心にくるようにスタートの基準線を被験者毎に調整を行い、自然な歩幅で計測ができるようにした。

すべての被験者には実験の趣旨は説明せず、測定方法のみ紙面および口頭で説明を行った。これは、被験者が意識的に歩行動作を調整することを防ぐためである。

また、測定条件をできる限り一定とするため、包帯施行者は免許取得後 23 年の右利きの熟練者同一の者とした。

統計学的検討には SPSS による一元分散配置分析を用い、統計学的有意水準を 5% 未満とした。

アンケートについては、7 つの項目について測定終了後、被験者から（Fig.11）の書式で調査を行った。

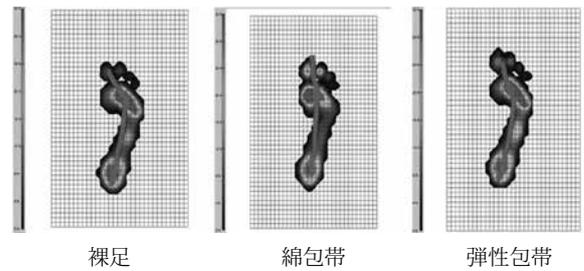


Fig.10 足底圧中心の重心左右移動軌跡偏差（SDx）の計測画面

包帯固定アンケート

(1) 実験中の感覚についてお聞きします

1. 非伸縮性の包帯と伸縮性の包帯をした際に裸足(固定をなにもしていない状態)に比べ歩き方に違いがあったように感じましたか
 1. そう思う
 2. そうは思わない
2. 1の問いに1と答えた方にお聞きします。伸縮性と非伸縮性のどちらが歩きやすかったですか
 1. 非伸縮性
 2. 伸縮性
3. 歩行時、足首の横方向(内・外)への動き方が裸足と比べ変わったように感じましたか
 1. そう思う
 2. そうは思わない
4. 3の問いに1と答えた方にお聞きします。伸縮性と非伸縮性のどちらがより横方向に動かしづらかったですか
 1. 非伸縮性
 2. 伸縮性
5. 歩行時、足首の上下(底・背屈)の動きが裸足に比べ変わったように感じましたか
 1. そう思う
 2. そうは思わない
6. 5の問いに5.4と答えた方にお聞きします。伸縮性と非伸縮性のどちらがより上下に動かしづらかったですか
 1. 非伸縮性
 2. 伸縮性
7. A裸足、B非伸縮性、C伸縮性で歩きやすかった順に記入してください。

1 () 2 () 3 ()

(2) あなたの年齢を教えてください

年 () 歳

ご協力たいへんありがとうございました

Fig.11 アンケート用紙



Fig.7 順巻き



Fig.8 順巻き麦穂帯



Fig.9 1 歩行周期

【実験結果】

1. 右足関節の SDx の計測

右足関節では綿包帯固定時の SDx は裸足に比べ有意に低かった（右：裸足 $0.99\text{cm} \pm 0.25\text{cm}$ > 綿包帯 $0.73\text{cm} \pm 0.13\text{cm}$, $*p < 0.05$ ）。また、弾性包帯固定時の SDx は裸足との有意な差を認めなかった（右：裸足 $0.99\text{cm} \pm 0.25\text{cm}$ 弾性包帯 $0.91\text{cm} \pm 0.15\text{cm}$ ）（Fig.12）。

また、綿包帯固定時、裸足に比べの SDx 軌跡が中心よりに移動し、加重分布も足部内側よりに陰影が変化した。

足底圧陰影では裸足、弾性包帯固定時に比べ綿包帯

固定時で前足部（母指球、母指腹部）の荷重分布に変化がみられた。

2. 左足関節のSDxの計測

左足関節の計測では綿包帯固定時のSDxは裸足に比べ有意に低かった（左：裸足0.90cm ± 0.13cm > 綿包帯0.64cm ± 0.16cm, *p<.05）。また、弾性包帯固定時のSDxも裸足に比べ有意に低かった（右：裸足0.90cm ± 0.13cm > 弾性包帯0.81cm ± 0.11cm, *p<.05）(Fig12)。

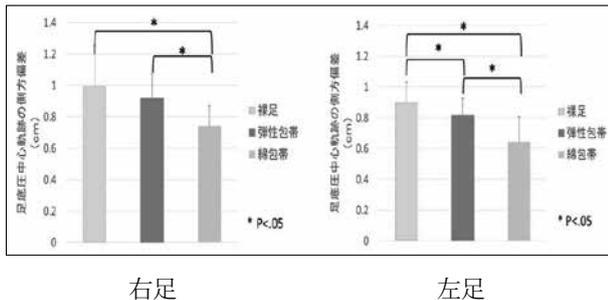


Fig.12 足底圧中心の重心左右移動軌跡偏差 (SDx) の比較

3. アンケートの結果

アンケートから、すべての被験者が固定を行った際、裸足と比較して歩き方に変化を訴え、その変化は足部の横方向（内・外側）への動き、足部の上下方向（底・背屈）への動きに制限があったと回答した。

また、綿包帯と伸縮包帯では綿包帯がより制限があったと回答した。(Fig13)

非伸縮性の包帯と伸縮性の包帯をした際裸足に比べ歩き方に違いがあったように感じましたか	そう思う	5
	そうは思わない	0
歩行時、足首の横方向（内・外）への動き方が裸足と比べ変わったように感じましたか	そう思う	5
	そうは思わない	0
歩行時、足首の上下（底・背屈）の動きが裸足に比べ変わったように感じましたか	そう思う	5
	そうは思わない	0
伸縮性と非伸縮性のどちらがより横方向・上下に動かしづらかったですか	伸縮	0
	非伸縮	5

Fig.13 アンケート結果（一部抜粋）

【考 察】

実験の結果、左右どちらの足関節でも綿包帯による固定は自由歩行時の足底圧重心の側方への動揺を防ぎ、足部の安定性に寄与することが示唆された。先行研究から自由歩行における重心移動は踵部から始まり、足部外側→母指球→母指腹と軌跡をたどることが

知られている。

今回の実験では綿包帯固定を行うことでCFP軌跡は中心よりに矯正され、荷重分布にも影響がみられた。このことから綿包帯が足関節の外側への動揺を防いでいる外側靭帯の機能の補助として綿包帯が損傷を受けた靭帯へのストレスの軽減に有効であることが示唆された。

弾性包帯はCFPの側方動揺を減少させる効果が少なかったことから、靭帯へのストレス軽減に寄与する割合は少なく、靭帯損傷の固定よりも患部の被覆を目的とした包帯としての意味合いが強いことが考察された。

今回の研究から我々が包帯固定のみの治療対象とした足関節内反捻挫（I度）の治療には綿包帯による包帯固定が有効であることが示唆された。

また、アンケートの結果から被験者は綿包帯による固定は足関節に対して底屈、背屈、左右への動きに制限をかけ、「歩きづらさ」を感じている。つまり、綿包帯による固定は足関節の可動に一定の制限をかけており、正常歩行時の足関節の可動性という観点からはマイナスに作用していることが解った。また、被験者は包帯をすることにより歩きづらくなったと自覚していることが確認できた。以上のことから実際に臨床の現場で受傷をした患者に包帯固定を施術する場合には、事前にこれらのことのインフォームド・コンセントを行うことが重要である。

つまり、患者に「固定後歩きづらくなること」、「固定は治療のため必要であること」の事前説明と同意が治療には不可欠であることが考察された。

【今後の研究の課題】

今後の研究については、柔道整復師が治療で多用している包帯による固定、その効果について更なる科学的検証を行っていききたい。本研究は足底圧中心（center of foot pressure:CFP）の重心左右移動軌跡偏差（Standard deviation X:SDx）から側方動揺を計測し、足関節包帯固定の有効性について検証を行った。今後はCFPやSDx以外の測定から足関節に対する包帯固定の効果について検討を重ね、様々な巻き方・技法、固定角度による効果の違い等を研究し、包帯による固定の科学的効果の検証に取り組んでいく。更には、足関節以外の身体の部位についても検証方法を模索しながら研究を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 林 浩一郎他：足関節捻挫. 新図説臨床整形外科講座スポーツ整形外科. メジカルビュー, 2-4.1994

- 2) 社団法人全国柔道整復学校協会・教科書委員会：
柔道整復学・理論編：53, 2009
- 3) 工藤慎太郎編集 運動器疾患の「なぜ？」がわかる
臨床解剖学：医学書 169-171.2012
- 4) 林 浩一郎他：足関節捻挫. 新図説臨床整形
外科講座スポーツ整形外科. メジカルビュー,
243.1994
- 5) 木下 光雄：足関節捻挫の病態と治療. 日本整形
外科学会雑誌, 83(3):S687,2009
- 6) 工藤慎太郎編集 運動器疾患の「なぜ？」がわか
る臨床解剖学：医学書院 170.2012
- 7) 工藤慎太郎編集 運動器疾患の「なぜ？」がわか
る臨床解剖学：医学書院 169.2012
- 8) <http://www.aofas.org./footcaremd/how-to/foot-injury>
- 9) ギャレット / スピーア / カーケンダアル編集：ス
ポーツ科学・医学大事典スポーツ整形外科学 - 理
論と実践 - 西村書店 647-649.2010
- 10) 社団法人全国柔道整復学校協会・教科書委員
会：柔道整復学・理論編：53, 2009
- 11) 川崎一朗他：足底圧・身体重心動揺研究, 日本
柔道整復接骨医学会雑誌 2-C-19 16巻 5号
2008
- 12) 城所靖郎. 急性足関節靭帯損傷の保存的療法.
臨床スポーツ医学 19(2)129-134 2002.
- 13) Peters JW,TrevinoSG,RenstromPA,hronic ankle
instabilities.Foot Ankle(12)：182-191 1991.