

# 靴の医学

---

Volume 36  
No. 2

2022

編集

日本靴医学会

## 第 37 回日本靴医学会学術集会のお知らせ

The 37th Annual Meeting of the Japanese Society for Medical Study of Footwear

第 37 回

# 日本靴医学会学術集会

学会  
テーマ

こどもにいい靴  
みんなにいい靴

2023年

会期

9月2日(土)→3日(日)

会場

仙台市中小企業活性化センター  
<https://www.siip.city.sendai.jp/sckc/>

会長

落合 達宏 宮城県立こども病院  
整形外科長・療育支援室長

第 37 回日本靴医学会学術集会を 2023 年 9 月 2 日 (土)～3 日 (日)、仙台市中小企業活性化センターで開催させていただきます。

学会テーマは「こどもにいい靴みんなにいい靴」でこどもから成人や老人まで幅広く靴に関する演題を募集いたします。学会テーマに応じた研修講演のほかに「こどものあし病セミナー」としてこどもの足部変形への靴の対処法のレクチャーを企画しています。主題は一般演題のなかから選抜いたします。またルーキーセッションは学生演題から選抜し表彰を行います。

会場は JR 仙台駅に隣接しておりますので、牛タンや仙台牛、お寿司やお刺身をはじめ、仙台せり鍋、はらこ飯、冷やし中華、マーボー焼きそば、食べ歩きにずんだ餅や喜久福、萩の月、笹かまぼこ、ひょうたん揚げ、支倉焼、さいちのおはぎ、三色最中、白松がモナカなど、徒歩圏内で仙台の美味しいものをお楽しみいただけますと幸いです。

**【演題募集期間】**

2023年3月14日～5月16日

**【演題登録方法】**

学会 HP : <https://www.tohoku-kyoritz.jp/kutsu37/>から演題登録をお願いいたします。

**【お問い合わせ先】**

事務局：宮城県立こども病院 整形外科

〒989-3126 仙台市青葉区落合 4-3-17

TEL：022-391-5111, FAX：022-391-5118

運営事務局：株式会社 東北共立

〒982-0001 仙台市太白区八本松 2-10-11

TEL：022-246-2591, FAX：022-399-7749

E-mail：kutsu37@tohoku-kyoritz.jp

# 靴の医学

---

Volume 36

No. 2

2022

編集

日本靴医学会

## 原著 靴

幼児に対する靴教育の効果……………小島 聖ほか……………	1
足趾変形を有した糖尿病足病変患者に対する トウボックスの形状を考慮した深底靴の開発……………遠藤 拓ほか……………	7
ヒール高変化による靴の外側トプラインの位置変化の検討 ～3次元足型計測器を用いた解析～……………蓮野 敢ほか……………	13

## 足底挿板

難治性下腿骨骨折後の脚長差に対する 既成靴と足底挿板による補正……………内田 俊彦ほか……………	19
ガイドライン付きインソールの着用品 歩行動作に与える効果の検証……………黒田 彩世ほか……………	25
ダウン症候群小児のインソールの治療効果の検討……………水野 稚香ほか……………	29
足底線維腫に対する靴と足底挿板による治療 —靴サイズと足底挿板形状に関して—……………内田 俊彦ほか……………	33

## 足計測と装具療法

慢性足関節不安定症患者における 手術前後の靴関連スコアを用いた評価……………坂井 達弥ほか……………	38
外反母趾患者の足趾接地状態と足部形態との関係……………山口 楨介ほか……………	43
足関節不安定症に対する 補装具療法の効果に関する文献的考察……………小林 匠……………	47
下腿および足部体積の 日内変動と歩行が体積に与える影響……………浦辺 幸夫ほか……………	52
前足部と後足部の摩擦係数, ヤング率についての検討……………駒木 尊裕ほか……………	56
距骨下関節の可動性抑制テーピングが 立脚期時間と足圧中心へ及ぼす影響……………平野 健太ほか……………	61

超音波画像診断装置で測定された足内在筋の筋横断面積は MRI での測定値との関連性が強い ……………樋川 幸平ほか……………	66
後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足に対し、 短下肢装具で保存療法を行った 3 例……………吉田 晃朗ほか……………	72
内在筋の機能低下をきたした両側中足部多発骨折に対し Short foot exercise を施行した一症例 ……………宇多恵一郎ほか……………	76
歩行時の足向角の違いが足底圧に与える影響……………石田 礼乃ほか……………	81
フットプリントを用いた異なる扁平足判断基準間における 互換性の検討……………岡部 有純ほか……………	86

## シンポジウム

### 変形性足関節症の装具療法—足底挿板の適当と限界—

内反型変形性足関節症に対する外側楔付足底挿板の有効性 —保存治療が継続可能か見極めへの挑戦—……………黒川 紘章ほか……………	91
末期変形性足関節症に対する 運動療法から装具療法へのアプローチ……………窪田 健児ほか……………	96

### 小児の足と靴—科学的エビデンスの普及と教育—

JASPE 足育の現在 ～教育現場から見る子供の足と靴～……………内木 勉 ……………	106
小児靴の開発に関する研究……………植山 剛裕ほか……………	109
三次元足計測による 複数幅学校用シューズの開発と課題……………早川 家正 ……………	121

## パネルディスカッション

### 足底挿板—現状と課題, 異なる立場から—

入谷式足底板の現状と課題 (病態と力学の両方を改善することへの挑戦)……………園部 俊晴 ……………	128
インソール性能を引き出すシューズ設計—膝への負担軽減を 目指したシューズ設計を事例として—……………市川 将 ……………	131

---

---

<b>靴の未来—スマートシューズの今後の展望—</b>	
子ども運動促進を目的としたゲーミフィケーションを活用した スマートシューズの取り組み……………中澤 洋介 ……	136
スマートシューズの扁平足患者への応用……………笠井 太郎ほか……………	139
<b>ルーキーズセッション</b>	
高齢者における靴の適合性と Arch Height Index の関連……………牧野光一郎ほか……………	143
短時間の足半着用歩行が 足趾屈曲筋力に及ぼす影響……………酒井 太郎ほか……………	148
<b>コラム</b>	
足趾に変形が起こるメカニズムの考察 踏み返し（背屈）を引き起こす物理的問題……………千崎 英隆 ……	154
3D プリンターにて作製した足底挿板により治癒した 足底難治性潰瘍の 1 例……………小野 嘉昭ほか……………	159
<b>特別講演</b>	
日本における靴と医学の関わりの歴史……………井口 傑 ……	163
外反母趾の保存治療……………佐本 憲宏 ……	169

# 巻頭言

日本靴医学会理事長 宇佐見則夫

2023年になりここ数年猛威を振るった新型コロナも一段落した状態となり、次第に社会生活がコロナ前に近くなってきました。しかし、今回の災難により仕事や日常生活の一部に変化が生じてきたことも事実です。これらの変化に応じて、人々のニーズや疾患に対する心構えや治療形態がどのように変わっていくのか、きちんと準備して適応していくことが大切と考えます。

さて、我々靴医学会は 昨年（2022年9月）2年ぶりに 従来の対面式での学術集会を早稲田会長のもと開催することができました。昨年までのPC配信と併用したハイブリッド式によるものでした。このような形式での開催は今後も続くのではないのでしょうか。

内容的にはシンポジウム3題、パネル2題、特別公演は3題で外反母趾の保存治療、靴と医学のかかわりの歴史、さらには前年に行われた東京パラリンピックでの選手たちを支えたスタッフの方々の仕事についての講演がなされ、非常に興味深く拝聴させていただきました。一般演題も含めて学問的に優れた演題が多く、有意義な学術集会であったと思います。来年・再来年へと期待を膨らませるものでありました。次回、第37回学術集会は宮城県立こども病院の落合達弘先生が会長として仙台で開催される予定です。有意義で楽しい学術集会となりますよう皆様のご協力をお願いするものであります。

次に靴医学会としての活動ですが、一般の人々への認知はまだまだ不十分であり活発であるとは言い難いと思ひ、これは私の責任であり反省しています。他学会との連携は軌道に乗ってきていますので、これからは各会員に対してのアプローチと委員会活動の充実を図ることが大切と考えています。皆様の建設的な意見・提案を期待しています。よろしく申し上げます。



## 幼児に対する靴教育の効果

### Effects of Shoes Education on preschool child

<sup>1)</sup>金城大学大学院 総合リハビリテーション学研究科

<sup>2)</sup>金城大学 医療健康学部

<sup>3)</sup>株式会社 シューズ・アカデミック

<sup>1)</sup>Course of Rehabilitation, Graduate School of Rehabilitation, Kinjo University

<sup>2)</sup>Faculty of Health Sciences, Kinjo University

<sup>3)</sup>Shoes Academic Co., Ltd.

小島 聖<sup>1)</sup>, 丸尾 朝之<sup>2)</sup>, 小間井宏尚<sup>3)</sup>

Satoshi Kojima<sup>1)</sup>, Tomoyuki Maruo<sup>2)</sup>, Hironao Komai<sup>3)</sup>

**Key words** : 靴 (shoes), 靴教育 (shoes education), 幼児 (preschool child)

#### 要 旨

3~5歳児の幼児26名を対象に、適切な靴の着脱方法に関する靴教育を行い、その効果を検討した。幼児の足長、足幅に合致した靴を提供し、適切な靴の履き方、脱ぎ方を1年間繰り返し教育した。毎月末に技術習得の状況と動作の特徴を評価した結果、座位で靴を履く割合は34.6%から80.8%へ増加、適切な履き方をしている割合は19.2%から92.3%へ増加した。適切な履き方の習得者の特徴はゆっくり確実にすることや相互に教え合っていること、未習得者の特徴は動作が拙速であること、立位で着脱することであった。反復した靴教育により適切に靴を履く行動の改善が認められた。動作の習得や習慣化には幼児同士の共同学習や保護者教育が重要である。

#### 緒 言

日本における靴の文化、歴史は欧州諸国に比べて非常に浅く、下駄や草鞋の履き方から波及した独特な動作が浸透している<sup>1)2)</sup>。自分の足に合った靴の選び方や使い方に関する教育は学校教育で扱われないため、保護者が行う慣例の方法や経験が子へ伝承されている<sup>1)</sup>。そのため、適切なサイズの靴を適切に着用することが困難であり、靴に起因すると思われる種々のトラブルが報告されている<sup>2)~4)</sup>。これらを予防する目的として、適切なサイズの靴の選び方や履き方が啓発、推奨されている<sup>2)4)5)</sup>。

近年、幼児や児童を対象とした靴に関する教育(以下、靴教育)の重要性が報告されている<sup>1)6)</sup>。吉村は、幼児やその保護者に対する靴教育を行うとともに、教育関係者の指導を実践報告している<sup>1)</sup>。しかしながら、靴教育に関しては報告数自体が少なく、数少ない報告も学会等での実践報告に留まっている。そのため、靴教育の効果については不明な点が多い現状である。そこで本研究では、幼児を対象に適切な靴の着脱方法に関する靴教育

(2022/09/30 受付)

連絡先 : 小島 聖 〒924-8511 石川県白山市笠間町  
1200 金城大学大学院総合リハビリテーション  
学研究科  
TEL : 076-276-4400 FAX : 076-275-4316  
E-mail : kojima@kinjo.ac.jp

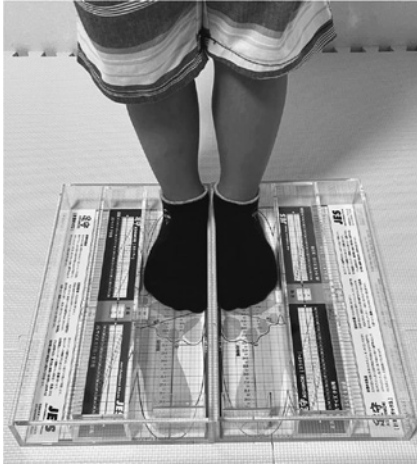


図1. 足長と足幅の測定

を行い、その効果を検討することを目的として実施した。

## 対象と方法

### 1. 対象

石川県白山市内の幼稚園に通園する幼児27名(3~5歳児)のうち、1年間継続して追跡可能であった26名(3歳児12名, 4歳児6名, 5歳児8名)を対象とした。1名は研究期間中に転園したため対象から除外した。調査開始は2021年4月とし、翌年の2022年3月までの1年間を追跡した。本研究の実施前に、保護者と対象者に対して趣旨説明を行い、書面にて同意を得た。また、実施前にはインフォームド・アセントを十分に行い、自由参加を保障した。なお、本研究は金城大学研究倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号 第2019-05号)。

### 2. 方法

#### 1) 靴の採寸と提供

本研究では、対象者全員が適切なサイズの靴を履いた上で、適切な着脱方法を習得してもらう趣旨で、靴教育のうち適切なサイズの靴を選定することは研究代表者が実施した。靴の採寸は簡易足計測器(足守計測ボックス, 日本教育シューズ協議会製)を用い、安静立位状態で足長と足幅を測

定した。(図1)採寸結果から対象者の足に合致した靴(AMT-311(屋内用), AMT-361(屋外用), いずれも日本教育シューズ協議会製)を提供した。なお、この靴は同一足長サイズに対して複数幅サイズが展開されているので、採寸結果に基づき足長と足幅の双方に合った状態を確認した。

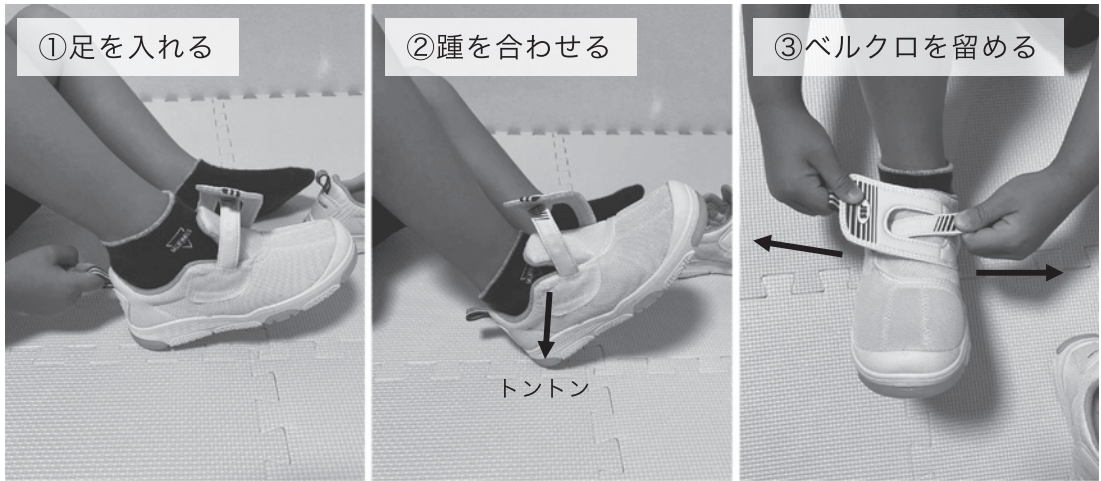
靴の選定後にはフィッティングを行い、荷重時の痛みやサイズ不一致がないことを確認した。提供した靴は園内で常時使用してもらった。屋内では屋内用を、園庭や園外活動時には屋外用を使用してもらった。成長に伴う靴サイズの不一致を防ぐため、月に1回はサイズチェックを行い、足先部分の捨て寸が10mm未満になった場合や破損した場合は適宜交換した。

#### 2) 靴教育

フィッティング終了後、筆者が幼児と保育教諭に靴の着脱方法を指導した。その方法はJASPE足育指導資料<sup>2)</sup>に準じ、図2に示す手順で履き方、脱ぎ方を指導した。本研究で用いた靴は、足背部分にダブルクロスベルトが採用されているため、ベルクロの固定を両手で行う点のみ変更した。指導した方法で幼児自身が実施できるまで筆者が繰り返し指導し、保育教諭には踵の合わせ方とベルクロの留め方、履き直しの場合の口頭指導の方法を指導した。翌日以降、不適切な着脱方法をしている場合には、その都度適切な履き方を筆者と保育教諭が指導した。履き方を修正する場合は口頭での指導を行い、動作は幼児自身で行うようにした。

毎月の最終週の登園日に、筆者が靴の履き方を評価した。評価項目は靴を着脱する肢位と踵の位置、ベルクロの固定性とした。着脱肢位は指導した座位以外に片膝立ちも座位と判断し、殿部や膝を着かない状態を立位と判断した。履き方については、指導した方法で靴の踵に自身の踵を合わせること、ベルクロを両手で引っ張って留めることの双方をしている場合に「適切」と判断した。どちらか一方しか実施しない場合や、ベルクロを両手で操作しても固定が緩い場合は「不適切」と判断した。

## 履き方



## 脱ぎ方

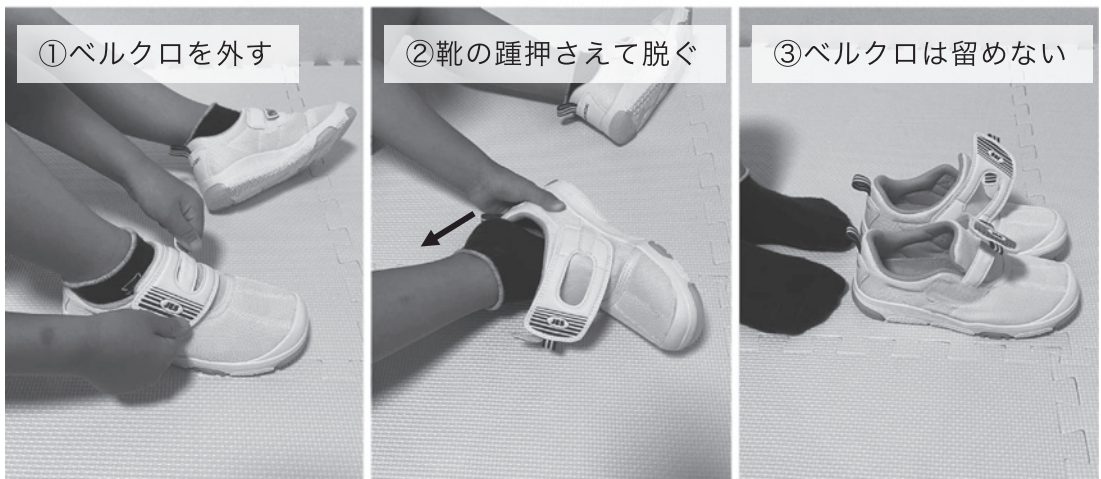


図2. 靴の履き方, 脱ぎ方の指導方法

## 結 果

### 1. 靴の交換回数とその理由

1年間で靴の交換が必要となった回数は、最小で2回、最大で4回、1人あたり平均で2.5回、総数で64件であった。交換する理由は、サイズアウトが52件、ベルクロの破損が10件、月型芯の破損が2件であった。研究期間中に、靴に起因すると思われる爪の痛みや靴ずれ、踵痛などのトラブル

を起こした幼児はいなかった。

### 2. 座位で靴を履く割合 (表1)

座位で靴を履く割合は、全体では4月時点で34.6%であり、その後徐々にその割合は増加して3月に80.8%となった。3歳児は、8月と1月にやや割合が減少するものの、4月から徐々に増加して3月に91.7%となった。4歳児は5月以降5~6割を推移して3月に50.0%であった。5歳児は4月から6月にかけて割合は増加したが、その後は

表 1. 座位で靴を履く割合

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
全体 (n=26)	34.6%	46.2%	50.0%	57.7%	53.8%	65.4%	65.4%	65.4%	73.1%	69.2%	69.2%	80.8%
3歳児 (n=12)	41.7%	41.7%	50.0%	58.3%	50.0%	58.3%	66.7%	66.7%	83.3%	66.7%	83.3%	91.7%
4歳児 (n=6)	33.3%	50.0%	33.3%	50.0%	50.0%	66.7%	66.7%	50.0%	66.7%	66.7%	50.0%	50.0%
5歳児 (n=8)	25.0%	50.0%	62.5%	62.5%	62.5%	75.0%	62.5%	75.0%	62.5%	75.0%	62.5%	87.5%

表 2. 適切な履き方の割合

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
全体 (n=26)	19.2%	34.6%	46.2%	53.8%	46.2%	80.8%	80.8%	76.9%	88.5%	57.7%	88.5%	92.3%
3歳児 (n=12)	16.7%	25.0%	33.3%	33.3%	25.0%	83.3%	75.0%	58.3%	100.0%	58.3%	83.3%	100.0%
4歳児 (n=6)	16.7%	50.0%	33.3%	33.3%	33.3%	66.7%	66.7%	83.3%	50.0%	50.0%	83.3%	66.7%
5歳児 (n=8)	25.0%	37.5%	75.0%	100.0%	87.5%	87.5%	100.0%	100.0%	100.0%	62.5%	100.0%	100.0%

6~7割を推移して3月に87.5%となった。3歳児は殿部を着いた座位で動作を行うことが多く、4、5歳児は片膝立ちの状態で行うことが多かった。

### 3. 適切な履き方の割合 (表2)

適切な履き方の割合は、全体では4月時点で19.2%であり、8月と1月にその割合がやや減少するものの3月に92.3%となった。3歳児は9月以降に割合が増加して3月には100%となった。4歳児は5月に割合が増加したが、その後は3~8割を変動して3月に66.7%となった。5歳児は4月以降割合が増加し、9月時点で100%となった。その後やや減少する月も見られたが、多くは100%を維持していた。4歳児の2名は、年間を通して手を使わずに靴を履いていた。

### 4. 靴を履く動作の特徴と変容 (表3)

4月、9月、3月時点における、適切な履き方の習得者と未習得者の特徴を表3に示す。4月時点での習得者はどの年代も、ゆっくりと確実に動作を行っている特徴が認められた。一方、未習得者の多くは動作が性急、ベルクロの留め方が不十分、立位姿勢で着脱するため踵部を踏んでしまう、ことが多く見られた。9月時点では、習得者は他の幼児に履き方を指導する様子や、お互いにしっかり履けたか確認する様子が認められた。未習得者

は、4月よりもやや改善はあるものの動作が拙速であることに変化はなかった。3月時点では、3歳児、5歳児は全員が適切な履き方を習得しており、他の幼児に教えたり相互チェックを継続したりしていた。一方、4歳児の未習得者(2名)は年間を通して動作が性急、立位で着脱、ベルクロの固定不十分があり、1年経っても習得には至らなかった。

## 考 察

### 1. 幼児における靴の履き方、脱ぎ方の技術習得

先行研究では幼児やその保護者に対する靴教育の実践について報告されているが<sup>1)</sup>、何歳から習得可能なのか、どの程度の期間で習得できるかなどについて調査された報告は検索する限り見当たらない。本研究の結果では、3歳児でも6ヶ月間の反復教育を行うことで、約8割の幼児が適切な履き方を習得できた。3歳児が難渋していた点はベルクロの操作であった。手指の力が弱くベルクロをしっかり留めることが困難であるため、持ち手となるループを付けるなどの工夫が必須であると考えられた。5歳児については、5月から確実に技術習得した幼児も存在しており、3ヶ月間の教育で全員が習得可能であった。一方、4歳児については、対象者数が少ない上に1年間教育しても習

表 3. 靴を履く動作の特徴と変容

習得者	4月	9月	3月
3歳児	悠長, 丁寧, 确实	他者へ教示	相互チェック
4歳児	悠長, 丁寧, 确实	他者へ教示	他者へ教示
5歳児	悠長, 丁寧, 确实	他者へ教示 相互チェック	他者へ教示 相互チェック
未習得者	4月	9月	3月
3歳児	ベルクロ操作不十分 立位姿勢	ベルクロ操作不十分 立位姿勢	-
4歳児	性急 ベルクロ操作不十分 立位姿勢	性急 ベルクロ操作不十分 立位姿勢	性急 ベルクロ操作不十分 立位姿勢
5歳児	性急 ベルクロ操作不十分 立位姿勢	性急 ベルクロ操作不十分	-

得できなかった幼児が2名存在し、傾向の把握は困難であった。しかし、片膝立ちや蹲踞などの粗大運動の発達が4歳児から可能になることや<sup>7)</sup>、5月時点で習得した4歳児の2名は3月まで継続されていたことを考慮すると、5歳児と同等の期間で習得できると思われる。

靴を履く肢位と技術習得の関係については、3歳児では立位姿勢で靴を履く幼児に適切な履き方を習得できた者はおらず、座位で履くことが重要であると考えられた。4、5歳児の多くは片膝立ちで動作を行っており、5歳児では立位でも適切な履き方を習得できた幼児も存在した。しかし、立位で靴を履くとバランスを崩した際に靴の踵部や月型芯を破損させるリスクが高いため、座位または片膝立ちでの履き方が適していると考えられる。

## 2. 靴教育の効果

近年、学校教育では能動的な学び (Active Learning: 以下, AL) が積極的に導入され、教育方法の転換が起こっている。課題解決型学習 (Project Based Learning: 以下, PBL) は従来の系統的学習とは異なり、日常に生じる問題 (課題) に対して柔軟な対応力や解決力が養われるとされる<sup>8)</sup>。課題を取り組む上での適切なフィードバックや振り返り (省察) は学習の深化に繋がり、高い

学習定着率が期待されている。本研究の結果から、適切な靴の着脱方法を教示し、PBL手法による反復した教育とフィードバックの組み合わせによってALが促進され、幼児同士の相互教育が動作の習慣化に好影響を及ぼしたと考えられる。仮説の段階では、幼児の共同学習 (相互教育) は難易度が高いと想定し、積極的に促すことはしなかった。しかし、技術習得した幼児から他人への教示や相互チェックをする様子が頻繁に見られ、この共同学習が動作の習慣化に繋がった可能性が考えられる。幼児を対象としたALの波及が期待できると思われるが、本研究のみでは不明な点が多いため、今後学習効果の可視化を詳細に検討する必要がある。

一方で、適切な方法が習得できなかった幼児が一定数認められており、その特徴は立位で着脱する、動作が非常に拙速であることであった。この要因としては、吉村が指摘するように普段の生活状況や保護者の関わり方が影響しているものと考えられる<sup>1)</sup>。保護者の関心を引き出し、知識の提供をするとともに実践できるレベルまで教育することが、動作の習慣化に必要な保護者教育であると考えられる。また、これらの幼児以外でも、長期の休園 (夏休みや冬休み、新型コロナウイルス感

染症による閉園など) 後には動作が拙劣になる傾向が認められた。これについては、園内と自宅内での動作方法の相違が影響し、指導した方法が実践できる段階まで習得できていなかった可能性が考えられる。前述の通り保護者教育を充実させるとともに、長期休暇後には靴教育の強化月間を設けるなどの対応が必要であると考えられる。

本研究は COVID-19 の影響を受けつつ 1 年間実施した。感染防止にかかる閉園措置や行動制限などにより継続して調査できた対象者数が少ない課題を有している。教育の効果を可視化するには本研究のみでは不十分であり、教育の質や量の相対化、自己効力感の変化、早期習得者の行動特性の分析などを加えて検討する必要がある。

## 結 語

本研究では、幼児を対象に反復した靴教育を行った結果、適切に靴を履く行動の改善が認められた。動作の習得や習慣化には幼児同士の共同学習や保護者教育が重要であると考えられる。

謝辞 本研究の実施にあたり、多大なご協力を賜りました

実施施設の教職員の皆様、対象者とその保護者の皆様に感謝いたします。なお、本研究は JSPS 科研費 (19K20087) および金城大学特別研究費の助成を受けたものです。

## 文 献

- 1) 吉村真由美. 子どものための靴教育・シューエデュケーション®. 人間生活工学 2013;14 (2):19-24.
- 2) 日本学校体育研究連合会足育推進委員会. JASPE 足育指導資料 第三集. 東京:日本学校体育研究連合会; 2018. 2-25.
- 3) 小林 睦, 橋本佳美, 弓削美鈴, 他. A 地域における幼児期の子どもの足と靴に関する実態調査. 佐久大学看護研究雑誌 2020;12 (2):35-41.
- 4) 日本学校保健会. 足の健康と靴のしおり. 改訂版. 東京:日本学校保健会; 2009. 10-23.
- 5) 垣花昌隆. こどもの靴の選び方. 靴の医学 2017;31 (2):131-4.
- 6) 吉村真由美. 今すぐ使える子ども靴の知識とシューエデュケーション®. 東京小児科医会報 2020;38 (3):81-3.
- 7) 坂上 昇. 発達・運動発達の評価と正常運動発達. 小児理学療法テキスト 改訂第3版. 東京:南江堂; 2022. 15-34.
- 8) Torp L. PBL 学びの可能性をひらく授業づくり:日常生活の問題から確かな学力を育成する. 伊藤通子訳. 京都:北大路書房; 2017.

# 足趾変形を有した糖尿病足病変患者に対する トゥボックスの形状を考慮した深底靴の開発 Development of the high toe-box extra-depth shoes for patients with lesser toe deformity

<sup>1)</sup>バン産商株式会社フスウントシュー インスティテュート

<sup>2)</sup>メディカルプラザ篠崎駅西口

<sup>3)</sup>株式会社アクロ

<sup>1)</sup>Fuss und Schuh Institut, Vansan-sho. Inc.

<sup>2)</sup>Medical Plaza Shinozakieki-Nishiguchi

<sup>3)</sup>Achro Inc.

遠藤 拓<sup>1)</sup>, 新城 孝道<sup>2)</sup>, 齊藤 裕貴<sup>1)</sup>, 上村 悦史<sup>3)</sup>  
Hiraku Endoh<sup>1)</sup>, Takamichi Shinjyo<sup>2)</sup>, Hiroki Saitoh<sup>1)</sup>, Etsushi Kamimura<sup>3)</sup>

**Key words** : 糖尿病足病変 (diabetic foot), 特殊深底靴 (extra depth shoes), トゥボックス (toe box), 足趾高 (toe height), 感圧紙 (pressure-sensitive paper), 官能検査 (sensory evaluation)

## 要 旨

足趾変形を有する糖尿病足病変患者に対するトゥボックスの形状を考慮した特殊深底靴を開発した。足趾高最大42mmの糖尿病足病変患者3例に対し、特殊深底靴を履いて歩行させ、足趾足背部の感圧紙の変化を用いて効能を調査した。また、使用開始90日後に官能検査を行いそれまでに使用していた履物および特殊深底靴を比較検討し有用であった。靴の天井と足趾の接触状態を評価することにに対し感圧紙の応用は有用であった。

## 目 的

先行研究の糖尿病足病変患者に対する靴型装具の特長<sup>1)</sup>にならない、標準化し安価にする目的で足趾変形を有する糖尿病患者向けの特殊深底靴 (Extra-Depth Shoes, 以下EDS) を試作した。靴型は足底挿板と組み合わせて使用可能な構造とし<sup>2)</sup>、足趾変形に対応するため、靴型のトゥボックスをより深くし前足部のスペースを広くした。靴の固定はストラップマジックテープを用い、足が挿入しやすいようにシュータンは広く開口させるものとした。甲革の素材は表側皮革と内側メッシュ素材を使用し、前足部の内側の縫い目をなくした。甲革のトゥボックスの足背部を拡張可能にさせるため先芯は側面だけを覆う形状にした。踵部は合成樹脂製の月型芯を用いた。靴底はロッカーバー・カットオフヒール等の靴の補正を容易に行うことが可能な半完成の状態にした。(図1)

(2022/11/30 受付)

連絡先 : 遠藤 拓 〒111-0043 東京都台東区駒形2-5-7 バン産商株式会社  
フスウントシュー インスティテュート  
TEL : 03-3843-6541  
FAX : 03-3841-1167  
E-mail : fsi@fuss-und-schuh.co.jp

今回、足趾変形を有する糖尿病足病変患者に対し、その EDS の効能を調査した。

### 対 象

糖尿病足病変患者 3 名（男性，年齢  $48.0 \pm 12.8$  歳，身長  $176.7 \pm 4.9\text{cm}$ ，体重  $95.9 \pm 11.3\text{kg}$ ）で、合併症は神経障害，網膜症および腎症（1 例透析中）であった。前足部の足底潰瘍および足趾変形を有していた。足趾高は 29 から 42mm まで平均 37mm であった。足趾高はハイトゲージを用い、母趾から小趾の最大値を計測した<sup>3)</sup>。（表 1）（図 2）

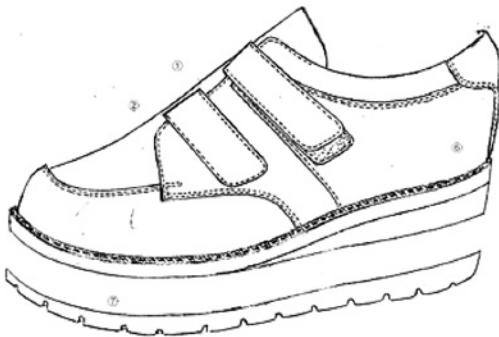


図 1. 半完成の糖尿病患者向けの特殊深底靴

### 方 法

前足部最大 10mm 厚のモールド作成した足底挿板を挿入し，10mm 厚のロッカー加工を施した EDS を靴下着用後に装着し 10m 歩行させた。靴下着用時，最大足趾高に相当する足背部位に感圧紙（圧力測定フィルム）富士フィルム社製「プレスケール超低圧用」を接着し EDS 甲革の内側との接触を評価した<sup>4)</sup>。（図 3）

また，EDS を使用した 90 日間後に EDS と装着前まで各自使用していた履物（Own Footwear，以下 OF）（表 2）に対し着脱性，装着感，安定性，適合，重量感について VAS を用い改変した官能検査を施行した<sup>5)</sup>。かなり悪いは 0，大変良いは 10 とした。

### 結 果

EDS 歩行後の足趾足背部の感圧紙に対し接触圧評価を目視したが変化は少なかったもしくは見られなかった。（表 3）

### 事例供覧

#### (1) 患者 A の足趾

足趾は左右共に MTP 関節伸展拘縮が見られ，立位時の右全足趾は接地せず，右母趾 IP 関節部の足趾高が著しかった。その部位の感圧紙の変化は見られなかった。

#### (2) 患者 B の足趾

両 2・3 趾に槌趾変形が見られ，右 2 趾 PIP 関節部が足趾高最大値であった。その部位における感圧紙の変化は見られなかったが，左母趾 IP 関節部および 2 趾 PIP 関節部が目視により薄いピンク状

表 1. 対象者の基本情報

患者	年齢	身長	体重	BMI	足趾高 L	足趾高 R	足病変
A	34	179	85	26.5	29.0	35	右母趾，小趾球足底潰瘍
B	59	180	95	29.3	37	39.0	左母趾球潰瘍
C	51	171	107.6	36.8	42	40.0	右小趾球潰瘍





図2. ハイトゲージによる足趾高計測



図3. 感圧紙の接着

表2. 対象者の使用履物情報


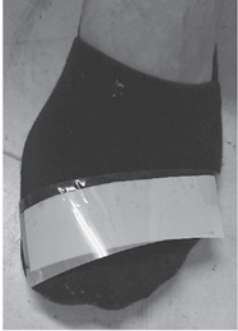


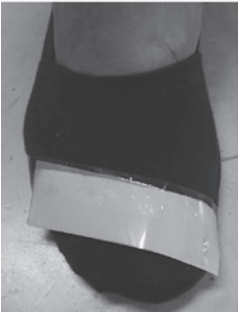
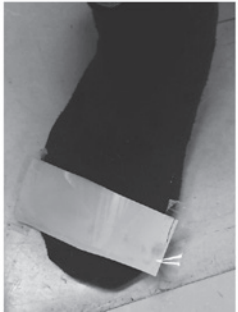

患者	使用履物 (OF)	OF トウボ ックス高	画像
A	スニーカー	24mm	
B	欧米製マジックベルト既成深底靴	33mm	
C	靴型装具短靴	左 42mm , 右 40mm	

表 3. 感圧紙結果

患者	A	B	C
左			
足趾 高最 大値	母趾 IP 関節部	第 2 趾 PIP 関節部	小趾末節部
右			
足趾 高最 大値	母趾 IP 関節部	第 2 趾 PIP 関節部	小趾末節部

で加圧発色サンプル 0.5MPa を呈していた。

### (3) 患者 C の足趾

両小趾に MTP 関節伸展拘縮が見られ、左小趾末節部の足趾高が最大値であった。その部位における感圧紙の変化は見られなかったが、右母趾 MTP 関節部が目視により薄いピンク状で加圧発色サンプル 0.5MPa を呈していた。

EDS および OF の官能検査は着脱性  $8.7 \pm 0.6 \cdot 6.0 \pm 2.6$ , 装用感  $6.3 \pm 2.1 \cdot 7.7 \pm 3.2$ , 安定性  $7.0 \pm 3.0 \cdot 8.7 \pm 1.5$ , 適合  $9.0 \pm 1.0 \cdot 8.3 \pm 2.9$ , 重量感  $7.0$

$\pm 3.5 \cdot 7.0 \pm 2.6$  となり、それぞれ有意差はなかった。(図 4)

### 考 察

足趾高最大 39mm までの患者に対して前足部最大 10mm 厚の足底挿板を挿入した EDS の甲革と足趾の接触は明らかではなかった。この感圧紙は発色剤と顕色剤が別々の支持体に塗布されたフィルムであり発色剤層のマイクロカプセルが圧力によって破壊され、その中の無色染料が顕色剤に吸

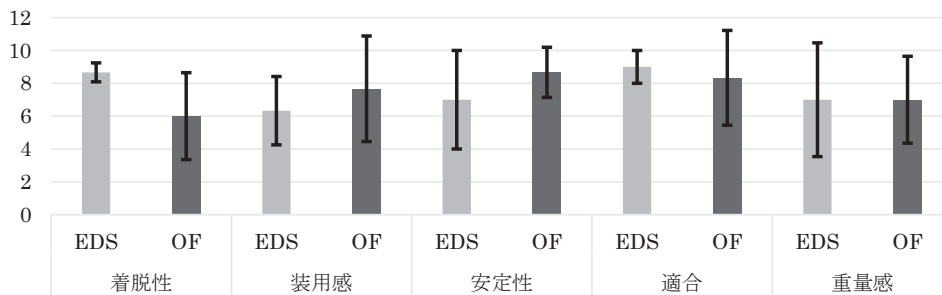


図 4. 官能検査結果

着して、化学反応で赤く発色する。今回使用した感圧紙は0.5~2.5Mpaに反応する超低圧用であり、足趾高最大値部の非接触は確認できないが0.5Mpa未満の圧力がかかっていないことを確認した。一方、患者Bの左母趾IP関節および2趾PIP関節部、そして患者Cにおける右母趾MTP関節部にて薄いピンク状の加圧発色サンプル0.5Mpaを呈していたことについては歩行時にEDSの甲革または足趾の形態が変化し低圧にて接触したものと示唆された。今後OFにおいての感圧紙による接触圧評価を行うことで比較検証していきたい。

患者のOFは全てオーダーメイドの足底挿板であるものの、トゥボックスの低い履物に対し足底挿板の前足部の厚さを考慮しなければ装着できないため、薄くせざるを得ないがその際、前足部のクッション性が低下すると推測される<sup>6)</sup>。

官能検査の結果から患者が履きなれた履物と比較し、EDSは着脱性、装用感、安定性、適合、重量感についても使用に耐えうることを示唆した。一方、職場規定で本靴の着用ができず90日間以降の継続したEDSの使用を中止した例が1例あった。

市販靴のトゥボックスが患者の足趾高より浅い場合、足背部の接触から靴ずれを起こす誘因になり得る<sup>7)</sup>。その点、今回のEDSは足趾高42mmまでに対応した靴型であるため、その因子が回避される。一方、靴型装具は足趾高にも対応し患者の足に合わせた靴型をもとに製作されるが、費用面

で高額となる。この点、EDSは靴型を標準化したため靴型装具より安価に提供できる。ただし、EDSにも限界があり、足趾高42mm以上には靴ずれの起因があること、足関節及び後足部の変形に対しては不適合であることが考えられる<sup>8)</sup>。

## 結 論

開発した特殊深底靴は足趾高の42mmまでの足趾変形に対して足背部と甲革内側の接触が少ないことを確認し、患者の使用履物に比して着脱性、装用感、安定性、適合、重量感について受け入れられた。

今後の課題としてデザインや被検者数が挙げられる。

## 文 献

- 1) 新城孝道. 糖尿病. Journal Of Clinical Rehabilitation, 2011; 20.12: 1118-24.
- 2) Wagner, F W. The diabetic foot. Orthopedics 1987; 10.1: 163-72.
- 3) Tang U H., Siegenthaler J., Hagberg K., et al. Foot anthropometrics in individuals with diabetes compared with the general Swedish population: Implications for shoe design. Foot Ankle Online J 2017; 10(3): 1.
- 4) 田上容祥, 酒匂 崇, 鈴木悠史, 他. プレスケールによる簡易重心の測定. 整形外科と災害外科 1984; 33.2: 503-5.
- 5) Mills K., Blanch P., Vicenzino B. Identifying clinically meaningful tools for measuring comfort perception of footwear. Medicine and science in sports and exercise 2010; 42.10: 1966-71.
- 6) Owings T M., Woerner J L., Frampton J D., et al.

Custom therapeutic insoles based on both foot shape and plantar pressure measurement provide enhanced pressure relief. *Diabetes care* 2008 ; 31.5 : 839-44.

- 7) Bakker K., Apelqvist J., Schaper N C., & International Working Group on the Diabetic Foot Editorial

Board. Practical guidelines on the management and prevention of the diabetic foot 2011. *Diabetes/metabolism research and reviews* 2012 ; 28 : 225-31.

- 8) Chantelau E, Breuer U, Leisch AC, et al. Outpatient treatment of unilateral diabetic foot ulcers with half shoes. *Diabet Med* 1993 ; 10 (3) : 267-70.

# ヒール高変化による靴の外側トップラインの位置変化の検討 ～3次元足型計測器を用いた解析～

## Examination of the change in the position of the lateral topline of shoes due to changes in heel height —Using a 3-D foot-measuring device—

新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

Graduate School of Health and Welfare, Niigata University of Health and Welfare

蓮野 敢, 阿部 薫, 岡部 有純, 東海林 藍  
Kan Hasuno, Kaoru Abe, Azumi Okabe, Ai Shoji

キーワード : 靴型設計 (last design), ヒール高 (heel height), 3次元足型計測 (3 dimensional foot measurement), 外果 (malleolus lateralis)

### 要 旨

ヒール靴におけるトップラインの高さ変化を反映した靴型について検討するために、まずはヒール高を再現した状態の足部を計測し、靴型設計に応用することを考慮して足部を直交座標系と仮定し、外果頂点の座標変化から位置変化を算出し検討することを目的とした。

ヒール高の増加に伴い、外果は内外側方向の移動はなく、前方・上方へ移動することが明らかとなった。またその移動についてヒール高毎の回帰式も算出した。

### 緒 言

靴のトップラインは靴の履き口のことを指し、

(2022/12/26 受付)

連絡先 : 〒950-3198 新潟県新潟市北区鳥見町 1398 番地

新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

TEL・FAX : 025-257-4525 (研究室直通)

E-mail : hwd22004@nuhw.ac.jp

このトップラインは腰革の高さにより長靴、半長靴、チャッカ靴、短靴に分けられる。これらは、足関節のコントロールやMTP (Metatarsophalangeal) 関節での踏み返しの抑制などを考慮して選択される<sup>1)</sup>。トップラインが低いものでも特にヒール靴などでは、デザイン性と靴が足から脱落しない自己懸垂性を両立する設計が肝要である。靴のトップラインに関する問題として、足部の外果が接触することによる靴擦れがある。革靴のような月形芯 (カウンター) が踵部から外果に向けてテーパー形状になっている靴で顕著に現れ、外果が接触する場合の簡易的な解決策として、踵部下に高さ調整用のインソールを入れることで対応できる。しかし靴内寸の変化は免れず、またパンプスタイルの靴であれば靴が脱げやすくなってしまう。そのため靴型設計段階におけるヒール高毎のトップラインの位置変化についての基準が必要である。

ヒール高変化時のトップラインの決定について、踵部トップライン部より直線的に足甲まで流



図1. 外果下端を直線を通るトップラインの外観

れ、MTPライン部にかけて彎曲した形状をしている。外果部が彎曲した形状であれば外果部がトップラインに当たる問題は解決できるものの、デメリットとして外観を損なうことや、曲線を縫製するため形状再現性の担保が難しくなること、さらに適切なカーブ形状についても職人の知識に依存してしまうことが挙げられる。(図1)そのため、外果下端を通りつつヒール高上昇に合わせたトップラインを決定するために、足関節の動きに連動する外果の動きから最適なラインを予測可能であると考えられる。しかし距骨と内外果からなる距腿関節の関節面形状の特異性による外果下端部の位置変化についても科学的論拠が不明であるため、まずは外果頂点の位置変化を明らかにする必要があると考えた。

したがって本研究では、外果部の靴のトップライン高さを明確にすること最終目的とし、その第一段階として足部を3Dスキャンし、ヒール高毎の外果の位置変化について検討を行った。

### 対象と方法

対象は健常女子大学生10名20足(平均値±SD:年齢 $21.0 \pm 0.5$ 歳,身長 $159.5 \pm 3.8$ cm,体重 $54.9 \pm 5.6$ kg)とした。

使用機器の全体のシステムとして、制御用パソコン、3Dスキャナからなる。足部の計測は3次元足型自動計測器JMS-2100CU(株式会社ドリームGP社製)を用いた。計測データの解析には3D計

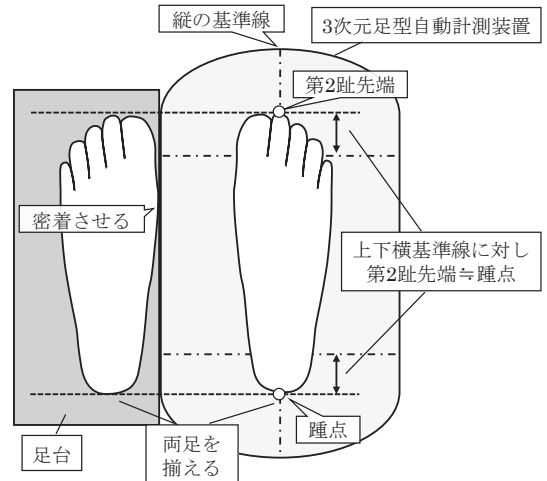


図2. 計測時の足部の位置設定(文献<sup>2)</sup>より転載)

測データ解析ソフト(GOM inspect 2020)を用いた。

計測方法については先行研究<sup>2)</sup>に準ずるものの、以下に再度示す。

被験者には両側裸足で立位を取らせ、計測足を計測器内にある縦の基準線に第2趾先端と踵中心が一直線上に位置するように設定し、横の基準線に対し第2趾先端と踵が同程度の距離になるように設定した。非計測足は計測装置との高さ調整用足台に載せ、足の内側が3次元足型自動計測器の筐体外側縁に密着するように設定し、計測足との前後位置を揃えて計測を行った。(図2)足部の位置の設定後、外界の光が入らないように遮光用クロス口を閉じてスキャンした。スキャンの所要時間は片足約15秒であった。ヒール高毎の計測も同様に行った。

ヒール高は0~5cmまで1cm毎に変化させ、計6条件を計測した。ヒール高の再現には、各ヒール高に合わせてヒールピッチなし(フラット)でEVA(硬度JIS ASKER C70)製の差高台を作製し、体重負荷によっても大きな変形はないことを確認した。差高台の長さは、第5中足骨頭部にかからず、足底で荷重を受ける部分である第5中足骨底部が載る程度とした。(図3)踵の後端最突出

部と差高台後端部を一致させた時に、差高台5cmで20°となるように調整し、差高台1cmで4°の角度変化となるように設定した。計測時の非計測足のヒール高も計測足の差高台と同様の高さとした。

本研究では足部の座標系を、持丸ら<sup>3)</sup>の靴型の踵部最下点とボール部下面をZ軸座標値の0とし、靴型の踵部最後端をこのZ軸0の平面上に投影した点を原点とする方法と、大塚ら<sup>4)</sup>の踵点から爪先端までを足長とする方法に準拠した。ヒール高なし時では、踵点から床面へ鉛直に投影した点を原点とし、これと第2趾先端 (Z座標軸値0) を

結んだ線分をY軸、原点においてY軸と直交する線分をX軸とした。(図4a) ヒール高あり時で、踵位置が上昇している。この場合も同様にヒール高毎に踵点から床面へ鉛直に投影した点を原点と趾Y軸およびX軸を設定した。(図4b) このようにZ軸(上下)方向を除外することによって、ヒール高の増加による踵位置の3次元的な変化を2次元的(X, Y座標系)に表現することにより、足部の位置関係を運動学的表現である遠位/近位、外側/内側と説明できる。つまり右足を基準にY軸の正の方向を遠位、負の方向を近位、X軸の正の方向を外側、負の方向を内側とした。(図5) なおこの手法はFree Form Deformation法(以下FFD法)を利用して、2つの3次元形態間の距離(非類似度)を定量化する方法論であり、寸法や断面形状特徴を抽出することなく全体としての3次元形態を分析することができるとされている<sup>5)</sup>。このFFD法によって得られた形態間の変形関数を製品形状に適用することにより、標準的でない身体形態に適合するような製品の形状設計にも応用することができる<sup>3)</sup>ため、本研究の目的を遂行するのに最適であると判断した。

座標の計測マーカーは、第2趾先端、踵点、外果頂点に配置した。これらを計測マーカーとした理由として、3Dデータ上でも判別しやすいランドマーク(骨突起部や足部外縁形状)のためである。

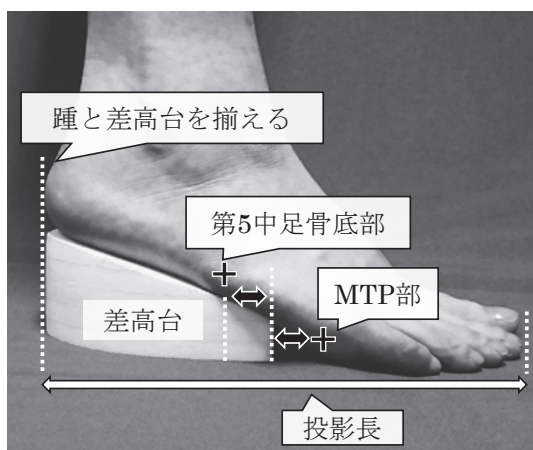


図3. 差高台の長さの設定(右足矢状面外側)  
(文献<sup>2)</sup>より転載)

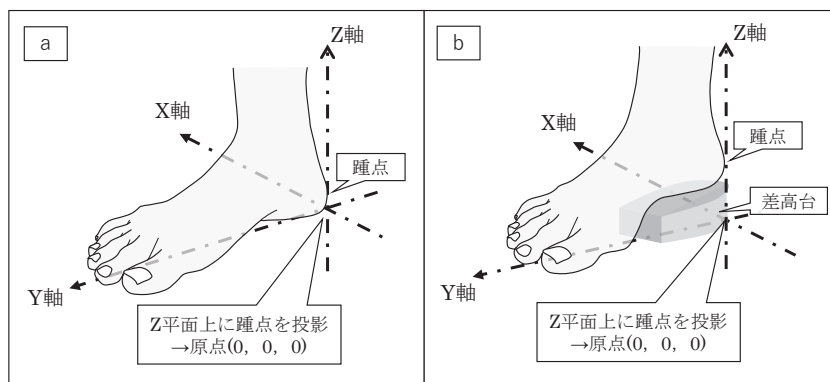


図4. 踵点を原点(0, 0, 0)とする足の軸設定(a: ヒール高なし, b: ヒール高あり)  
(文献<sup>2)</sup>より転載)

ヒール高0cmで得られる数値からヒール高変化時の外果頂点の変化を予測するために、ヒール高1~5cmで得られた数値とヒール高0cmとの差をそれぞれ計算し、これにより得られた数値により統計分析を行った。

統計分析には、Spearmanの順位相関を用いて、ヒール高をx、外果頂点の座標をyとして単回帰式を算出した。なお有意水準は5%未満とした。

本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可(第18483号)を得て行われた。また被験者に

は本研究の目的、意義について十分に説明し、同意を得た後に計測を行った。なお本研究に関し開示すべきCOIはない。

## 結 果

次の回帰式が得られた。外果のX座標は、 $0.19x - 0.68$ 、( $rs=0.10$ )、外果のY座標は、 $2.29x - 0.35$ 、( $rs=0.69$ )、外果のZ座標は、 $6.46x - 0.28$ 、( $rs=0.95$ )であった。(図6)また各座標値の動きを可視化したものを図7に記載した。

## 考 察

ヒール高上昇による外果の動きの解明に重要な要素として距骨滑車の形状による外果位置の変化が挙げられる。水平面での距骨滑車の形状は前方より後方の幅が狭くなっている。これは距骨滑車を矢状面から見ると内側面の半径が外側面よりも大きく、足関節底背屈時に起こる足部内外側方向の不安定性に対し、腓骨が内旋および外旋方向に可動することで安定性を保持している<sup>6)</sup>。以下、これらの外果位置変化の機能解剖学的要素を念頭に考察をした。

X座標の結果より、ヒール高上昇による内外側方向への座標変化はなかった。この理由として、距腿関節は脛骨(内果)と腓骨(外果)が距骨滑車を内外側から挟みこむような形で関節するため

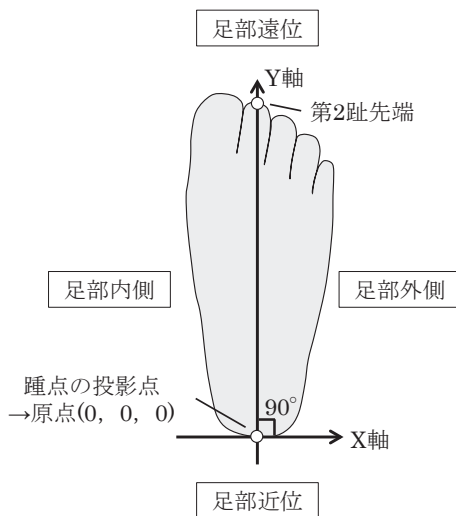


図5. 足の軸方向の設定(右足背側水平面)(文献<sup>2)</sup>より転載)

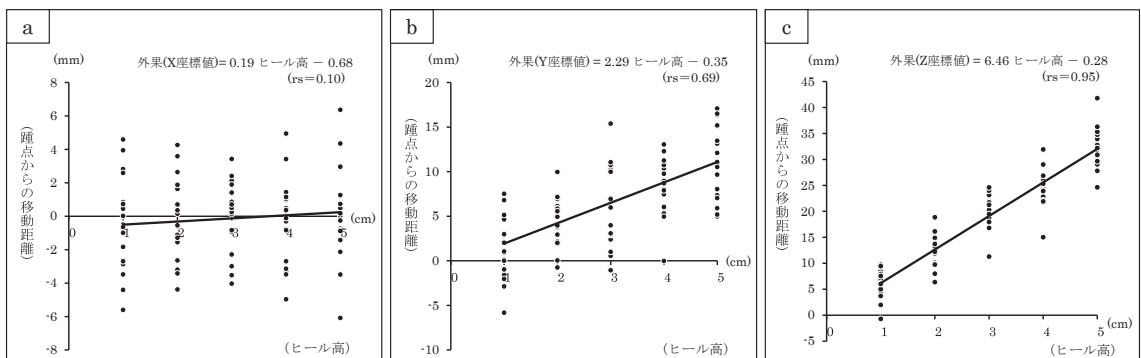


図6. 外果の各座標値の回帰式  
(a: X座標, b: Y座標, c: Z座標)



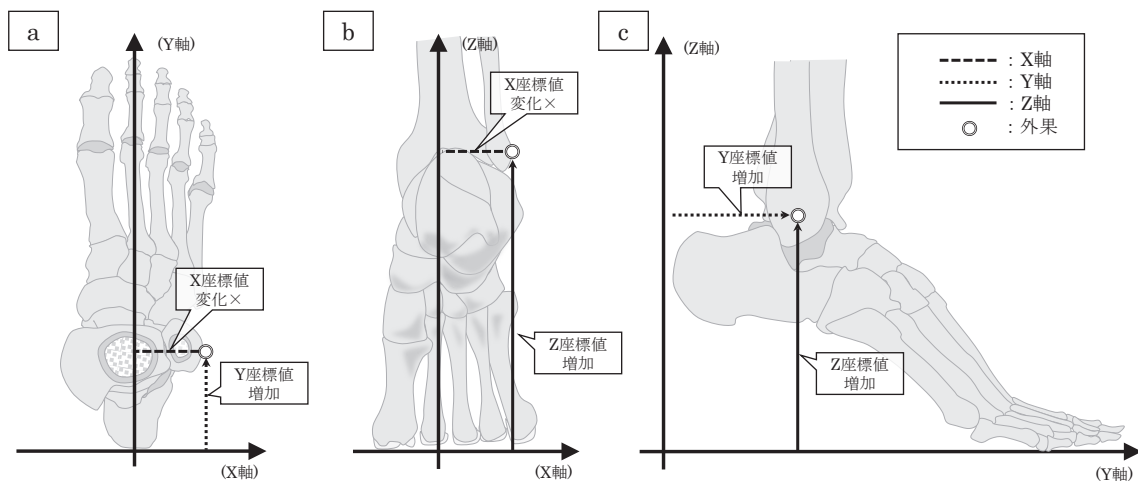


図7. 外果の各座標値の変化  
(a: 足部水平面, b: 足部後方前額面, c: 足部外側矢状面)

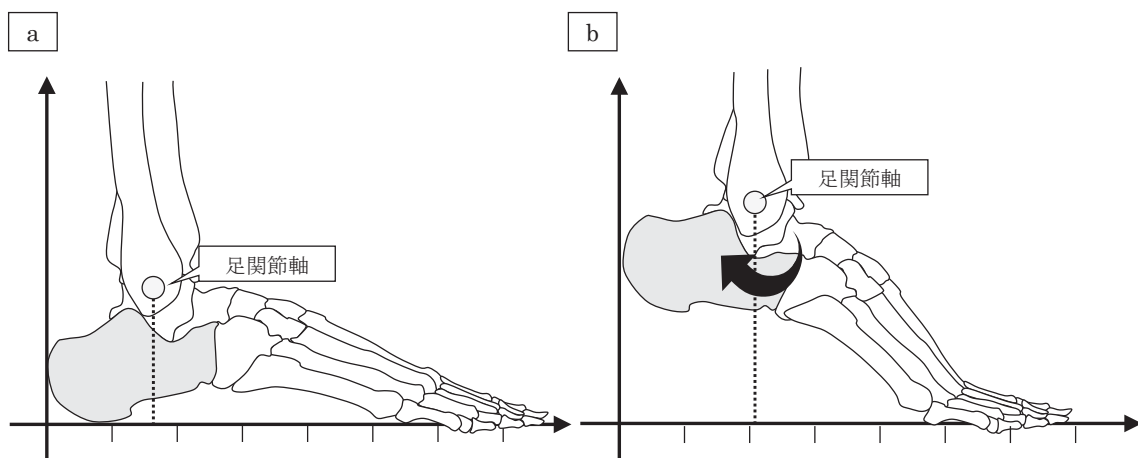


図8. ヒール高上昇に伴う足関節軸を回転中心とした底屈運動による踵部の後方突出のメカニズム (a: ヒール高なし時, b: ヒール高あり時)

内外側方向安定性が高く、数値上の変化がなかったと考えられた。

Y座標の結果より、ヒール高上昇に伴い踵点から外果までの距離が増加した。この理由として、差高台の傾斜に従って足関節軸を中心とした回転運動を呈することで、踵部を後方へ突出させたと考えられた。踵点から外果までの距離について、ヒール高なし時を図8aに、ヒール高あり時を図8bに表した。ただし回帰係数が0.7を下回ったこ

とから、足関節底屈による純粋な前方移動ではなく、内外果の果間距離変化や外果の長軸回旋による影響があったと推察された。

Z座標の結果より、ヒール高変化時の外果の地上高が明らかとなった。

### 本研究の限界 (Limitation)

本研究では健常者を対象としているため、X線を用いた検討は行えていない。しかしLeeら<sup>7)</sup>は

デジタルキャリパー法, デジタルフットプリント法, インクフットプリント法よりも3Dスキャニング法が優れた性能を発揮したとし, また Telfer<sup>8)</sup>らは最新のフットスキャナーのほとんどはミリメートル以下の精度を備えていると述べており, 今回用いた方法と同等の体表からの計測点において検者内, 検者間誤差が許容範囲内であることが証明されているため, 計測点として採用した。

Y座標の結果より, ヒール高上昇に伴い踵点から外果までの距離が増加したことに關して, 計測時に靴の様に踵をホールディングしていないため, 若干ながら足関節の内反への影響, および距骨が踵骨に対し相対的に前方移動する影響などが考えられた。久高<sup>9)</sup>は, 踵骨距骨関節面形状の分類によって可動性が変わることを示唆しているものの, 本研究では, 被験者の距踵関節の関節面形状を特定できなかった。

## 結 語

ヒール高変化時の外果の位置変化の法則性を明らかにすることを目的に, 足部を直交座標系と仮定し検討を行った結果, ヒール高に対する足関節の特有の形態による原点からの位置変化が明らかになった。今後は足部の形態学的検討を念頭に靴型設計における外果下端のトップラインについて検討を進める予定である。

## 文 献

- 1) 高嶋孝倫. 一般の靴と靴型装具. 装具学第4版. 日本義肢装具学会監修. 飛松好子他編. 医歯薬出版; 2013. 25.
- 2) 蓮野 敢, 阿部 薫, 笹本嘉朝他. 3次元足型計測によるヒール高変化時の足趾動態の解析～足部を直行座標系と仮定した足趾位置変化の検討～. 靴の医学 2021; 34: 9-14.
- 3) 持丸正明, 河内まき子, 福井幸男他. FFD法による形態間距離に基づく足部三次元形態の特徴分類. 人間工学 1997; 33 (4): 229-34.
- 4) 大塚 斌, 近藤麻理, 菊田文夫他. 靴ヒール挙上に伴う足の計測値の変化. 日本家政学会誌 1994; 45 (9): 845-56.
- 5) Sederberg, Thomas W, Parry, et al. Free-form deformation of solid geometric models. Proceedings of the 13th annual conference on Computer graphics and interactive techniques 1986; 151-60.
- 6) Barnett C H, Napier J R. The axis of rotation at the ankle joint in man; its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. J Anat 1952; 86 (1): 1-9.
- 7) Lee Y, Gloria L, et al. Comparing 3D foot scanning with conventional measurement methods. Journal of foot and ankle research 2014; 7 (1): 1-10.
- 8) Telfer S, James W. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot. Journal of foot and ankle research 2010; 3 (1): 1-9.
- 9) 久高将臣, 譜久嶺忠彦, 蔵元秀一他. 沖縄久米島近世人骨における踵骨の距骨関節面形状について. Anthropological Science (Japanese Series) 2008; 116 (2): 115-29.

# 難治性下腿骨骨折後の脚長差に対する既成靴と足底挿板による補正 Correction of leg length discrepancy by ready-made shoes and shoeinsole due to intractable fracture

<sup>1)</sup>NPO オートティックスソサエティー

<sup>2)</sup>戸塚共立リハビリテーション病院

<sup>1)</sup>Nonprofit Organization of Orthotics Society

<sup>2)</sup>Totsuka Kyoritsu Rehabilitation Hospital

内田 俊彦<sup>1)2)</sup>, 東 佳徳<sup>2)</sup>, 横田 裕樹<sup>2)</sup>, 石川 早紀<sup>2)</sup>, 久保 実<sup>2)</sup>  
Toshihiko Uchida<sup>1)2)</sup>, Yoshinori Higashi<sup>2)</sup>, Yuuki Yokota<sup>2)</sup>, Saki Ishikawa<sup>2)</sup>, Minoru Kubo<sup>2)</sup>

**Key words** : 難治性骨折 (Refractory Fracture), 脚長差 (Leg Length Discrepancy), 補高 (Sole Elevation), 棘果長 (Spinamalleolus Distance)

## 要 旨

今回、難治性下腿骨骨折後の脚長差の補正を靴と足底挿板によって行った2例に関して検討したので報告した。

棘果長 (以下 SMD) では共に約 20mm の差であったが、補正した長さは1例は 10mm, もう1例は 20mm と違いがあった。この原因は足関節以遠の形態が関連しており、補高の量を決定するためには SMD のみに頼るのではなく、必ず患者が楽と思える高さを的確に掴み、なおかつ歩行姿勢を観察してることが重要である。

## 緒 言

我々は種々の下肢障害に対して靴と足底挿板による保存療法で対応している。今回、難治性下腿骨骨折後の脚長差の補正を既成靴と足底挿板に

よって行った2例に関して検討したので報告する。

症例1 : 60歳男性。39歳時に交通事故にて左下腿骨骨折を受傷し手術加療を受けたが創部の感染により、数回の手術を受けた。最終的に SMD で約 2cm の脚短縮と足関節は背底屈 0 度、内反 27 度で固定され骨折部の変形治癒となった。(図1) 以後いわゆる整形靴による脚長差の補正を行い過ぎてきた。2020年6月、足底部の外側接地のため患側である左下肢外側部の疲労感と膝関節痛、第5趾 MTP 関節底部のべんち痛が出現し来院する。(図2)

今まで使用してきた整形靴はアウトソールで踵から前足部まで補高が施されていたが、墜落性歩行は認めないものの、左立脚期に体幹は左方向に側方移動を認めた。

今回足底挿板を装着する靴による歩行姿勢をみると、健側の右立脚期に体幹の伸び上がり、左は足部回外位で接地し墜落性歩行と体幹及び骨盤帯の側方移動を呈していた。(図3-a) 脚長の補正に関しては、立位時に 10mm が本人は楽とのことであった。患側下肢外側部の疲労感と膝関節痛は、患側立脚期における体幹と骨盤帯の側方移動によ

(2021/12/27 受付)

連絡先 : 内田 俊彦 〒142-0064 東京都品川区旗の台  
3-15-1 ツバセスパート9旗の台1F  
NPO オートティックスソサエティー  
TEL : 03-3788-0608 FAX : 03-5539-4760  
E-mail : nikogabifoot7@gmail.com



図1. 左脚短縮を認め、左足関節は距骨傾斜内反27度ほどで固定されている。足部側面X線像では左足の内側アーチの挙上が著しい。

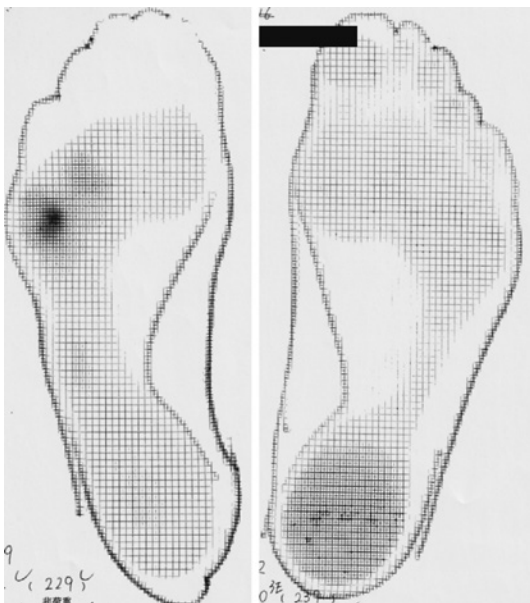


図2. 左足第5中足骨MTP部のベンチによる圧の上昇が著しい。また母趾から小趾までの浮き趾を認める。

るものと考えられ、靴内で踵から中足部まで5mm補高し、足底挿板作製時に踵部分に5mmのRウェッジ(我々が独自に使用しているパッドで、踵後方部分が5mm厚で踵外側が5mmから徐々に薄くなる形状)を使うことで合計10mmの補正を行い、蹴り出しが効果的に行えるよう作製した。足底挿板装着における歩行姿勢を見ると、患側左足部回外位での接地は同じであるが、立脚期における体幹の側方移動は少なくなり、健側右立脚期の体幹の伸び上がりもなくなり、ペインスケール評価はしていないが、主訴であった左下肢外側部の疲労感と膝関節痛、第5趾MTP関節底部のべんち痛も軽快している。(図3-b)

症例2: 51歳男性。49歳時、工作中屋根から落下し両足関節脱臼骨折、右下腿骨骨折を受傷した。(図4) 右足関節は骨髄炎を併発し最終的にSMD



図 3-a. 足底挿板装着前の歩行姿勢  
右立脚期に体幹の伸び上がり, 左は足部回外位で接地し墜落性歩行と体幹, 骨盤帯の側方移動を呈する.



図 3-b. 足底挿板装着後の歩行姿勢  
左足部回外位での接地は同じであるが, 立脚期における体幹の側方移動は明らかに少なくなっている.



図 4. 受傷時 X 線像

で約 2cm の脚短縮と足関節固定, 左は変形性足関節症となっている。(図 5) 長時間の立位で腰痛が常にあり, ミドルカットの運動靴を使用し自分で靴内における補高を行っていた.

歩行姿勢を見ると, 健側左立脚期に体幹の伸び

上がり, 患側右立脚期には体幹の沈み込みを認める墜落性歩行を呈していた. 体幹, 骨盤帯を含めて患側右方向への側方移動をわずかに認める。(図 6-a)

脚長の補正は立位時に 20mm が楽とのことで,



図5. 初診時 X 線像

右下肢短縮を認め、右足関節は固定術を受け、左足関節は関節症変化を認める。

靴内で補高20mmを行い足底挿板を作製した。患側右立脚期の墜落性歩行は消失し、左右バランスの取れた歩行姿勢となり主訴であった腰痛も軽快している。(図6-b)

### 考 案

日常診療において脚長差の原因としては、変形性股関節症、変形性膝関節症などの関節置換術後や、外傷による骨の短縮・延長、関節変形や関節可動域の制限、成長不全等に由来する場合が考えられる。脚長差の存在は歩行姿勢の問題ばかりでなく、それが長期に渡った場合、膝の痛みや腰痛など体全体の様々な障害の発生に関連することが想像される。本報告においても、症例1では患側

の下肢外側部の疲労感と膝関節痛、第5趾MP底部のベンチ痛を、症例2では腰痛を主訴として来院している。

一般的に3cm以内の脚長差であれば代償作用によって跛行は生じないと言われているが、たとえ1cmの脚長差であっても、その歩行姿勢を観察すれば外見的にも跛行は明らかであるし、また変形性膝関節症リスクも上昇するという報告もある<sup>1)</sup>。

補高の決定方法は短縮側にシートを敷き、何mmで自覚的にバランスが良いかを確認して決定するようにしている。(図7) 症例1では以前からいわゆる整形靴で、補高はアウトソールの踵から前足部まで施されてきていた。補高が施されてい



図 6-a. 足底挿板装着前の歩行姿勢

左立脚期に体幹の伸び上がり, 右立脚期には体幹の沈み込みと体幹, 骨盤帯を含めて右方向への側方移動をわずかに認める.



図 6-b. 足底挿板装着後の歩行姿勢

右立脚期における体幹, 骨盤帯の右方向への側方移動は明らかに少なくなっている.



図 7. 補高の決定方法

短縮足に2~5mmのシートを積み重ね, 何mmが一番長さ的に違和感がないかを確認する.

でも歩行時における患側左立脚時における体幹の側方移動は止められておらず, 単純に踵を上げれば良い, というものではなく歩行姿勢の観察は必須のことと考える. 靴内で2cmの補高を施すと, 歩行時に踵が脱げそうになることが靴の種類によっては多く見られる. 本例ではハイカットの靴を使用しているため踵が脱げる心配はなかったの

で, そのままその靴を使用して2cmの補高を行った. しかし, 本来の靴のヒールカウンターよりも踵自体が上方に位置するため, 両者の適合性に問題が生じるようであればアウトソールで補高を施すようにしなければならないこともあり, 注意が必要である. 特殊靴でなくとも靴内での補正が施せるようであれば一般靴を利用して治療する

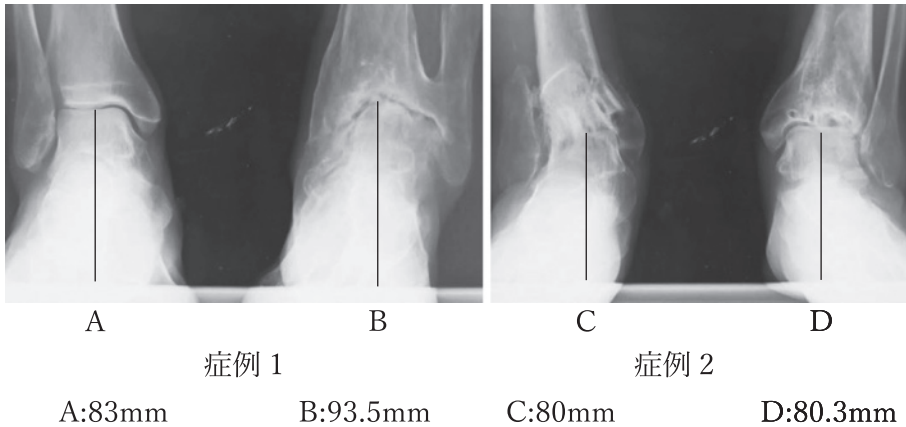


図8. 足部の接地肢位の違いによる接地面から距骨関節面上縁までの距離

ことも可能である。

脚長差の計測方法としてはSMD(棘果長:骨盤の上前腸骨棘から内果まで)がよく使われる。しかしこれをもって脚長差補正の長さを決定することは早計だと考える。それは股関節や膝関節、足関節の屈曲拘縮などが存在する場合には実際に立位姿勢を観察してどの程度の補正が必要かを実測しないと困難だからである。また症例1では足関節以遠の足部形態は患側左が後足部から前足部まで内がえし位での足底接地となっており、健側右よりも足底接地面より距骨関節面上縁まで約10mmの高さの差が見られた。(図8)一方症例2では足関節以遠の足部形態には殆ど差は見られず、足底接地面より距骨関節面上縁までの距離に健側と患側との差は殆どなかった。足部形態の差異は脚長差の補正を考える上では大切な要素となり得るものであり、患者の立位時における感覚によって補高の量を決めるのが重要であると考え

る。健常者の歩行の特徴はエネルギー効率の良い左右対称の歩行である<sup>2)</sup>と言われており、こういった健常者と同じ動きが維持できれば、変形や痛みなどの障害は発生しにくいと言える。足部や膝など

の荷重関節に障害のある人の歩行姿勢は左右のアンバランスが必ず存在しており<sup>3)</sup>、そのアンバランスを靴と足底挿板によって是正することで疼痛の軽減や変形の矯正が図られる。僅かな脚長差であっても歩行時における左右のバランスの崩れが生じているのであれば、それを是正することで二次障害の発生予防につながるものと考え

#### まとめ

難治性下腿骨骨折による脚長差に対し、既成靴と足底挿板による補正で対処した2例を報告した。短期的には良好な経過であるが、今後も経時的に長期に渡って観察していく必要がある、と考える。

#### 文 献

- 1) William FH, Kim B, Bennell KL, et al. To determine whether leg-length inequality is associated with prevalent progressive knee osteoarthritis. *Ann Intern Med*, 2010; 152: 287-95.
- 2) 細田多穂. 異常歩行. 理学療法ハンドブック. 改定第3版. 柳澤 健編. 東京:協同医書;2000. 603-4.
- 3) 内田俊彦, 佐々木克則, 野口昌彦, 他. 歩行リハビリテーションにおける我々の足底挿板療法. *靴の医学* 2010; 24: 66-71.



# ガイドライン付きインソールの着用が歩行動作に与える効果の検証

## Effect of wearing insoles with guidelines on gait movement

広島大学大学院医系科学研究科

Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University

黒田 彩世, 前田 慶明, 石田 礼乃, 浦辺 幸夫

Sayo Kuroda, Noriaki Maeda, Ayano Ishida, Yukio Urabe

**Key words** : インソール (insole), 重心移動 (center of gravity shift), 足底圧 (foot pressure), 歩幅 (stride length), 歩行 (gait)

### 要 旨

健康成人男女6名を対象に、ガイドライン付きインソールの着用が立脚終期の足底圧や歩幅を変化させるかを検討した。本インソールあり条件となし条件で歩行し、立脚終期の足底全体の足底圧と、歩幅を測定した。結果として、あり条件の足底圧 ( $3704.3 \pm 523.1 \text{ kPa}$ ) は、なし条件 ( $3061.6 \pm 225.9 \text{ kPa}$ ) と比較して有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。歩幅は、あり条件 ( $54.3 \pm 0.4 \text{ cm}$ ) となし条件 ( $50.8 \pm 0.1 \text{ cm}$ ) で有意な差は認められなかった ( $p = 0.07$ )。ガイドライン付きインソールの着用は、効率的な重心移動を促し、立脚後期での前方への推進力を増大させる可能性が示唆された。

### 緒 言

歩行時の推進力を維持するための重要な要素として、足部の4つのロッカー機構があげられる<sup>1)</sup>。それは、ヒールロッカー、アングルロッカー、フォアフットロッカー、トゥロッカーである。トゥロッカーは、中足趾節関節が背屈した状態にある前遊

脚期に機能するもので、足趾の屈筋腱の弾性反発により脛骨を前方に押し進める。前遊脚期では、対側下肢へ重心を移動させるため、重心を内側へ移動させ、母趾球で蹴り出す必要がある。

正常歩行でみられる、効率的に前方へ推進するための重心移動を促進するツールとして<sup>2)</sup>、図1に示すガイドライン付きインソール (walking teacher insole, PROIDEA) がある。これは、踵部から外側を通り母趾球へ走行するラインに沿ってエアパッドが挿入されており、重心の前方移動を誘導しているだけではなく、中足趾節関節部分のゲル素材の突起により足趾を使用した蹴り出しを促している。これらのエアパッドやゲル素材の突起を歩行中に足底で意識することにより、推進力の増大が期待される。しかし、本インソールが歩行中の前方への推進力にどの程度影響するかは不明である。

本研究は、推進力の指標として立脚終期の足底圧と歩幅を用い、効率的な重心移動を促すことを目的に作成された本インソールを着用することにより歩行時の前方への推進力に与える影響を調査した。仮説は、「本インソールの着用により、立脚終期の足底圧と歩幅は増加する」とした。

### 方 法

対象は健康成人6名 (男性3名 : 年齢  $22.3 \pm 0.47$ )

(2022/12/27 受付)

連絡先 : 黒田 彩世 〒734-8551 広島県広島市南区霞  
1-2-3 広島大学大学院医系科学研究科  
電話番号 : 082-257-5405 (浦辺研究室) (黒田彩世 : 080-3907-0781)  
メールアドレス : sayo-kuroda@hiroshima-u.ac.jp

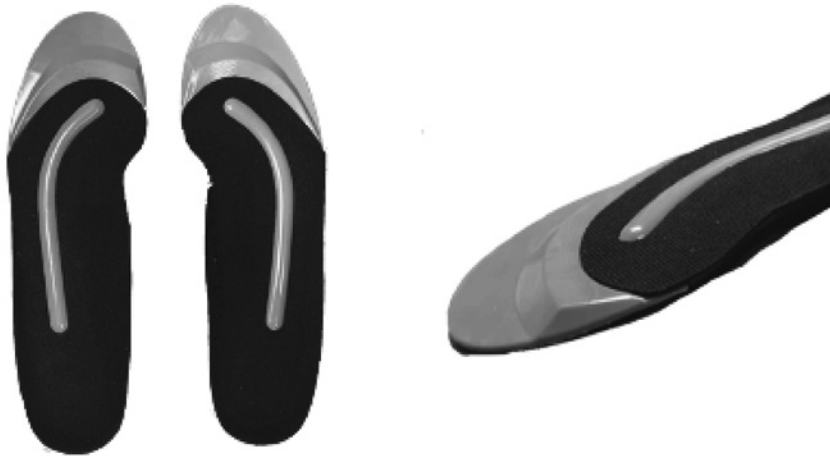


図1. ガイドライン付きインソール

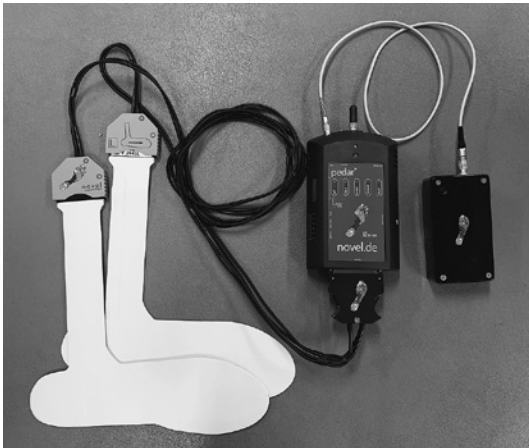


図2. インソール型足圧センサ Pedar X

歳，身長  $170.0 \pm 2.2$ cm，体重  $69.7 \pm 6.6$ kg，女性3名：年齢  $22.7 \pm 0.5$ 歳，身長  $157.0 \pm 2.2$ cm，体重  $53.7 \pm 4.9$ kg)とした。除外基準は，下肢に整形外科的疾患の既往および手術歴のある者とした。

トレッドミル (T616 Treadmill, SportsArt 社) 上で，本インソールを装着した「あり条件」と装着しない「なし条件」の2条件による歩行動作を実施した。歩行速度は，一般的な快適歩行速度である  $5\text{km/h}$  に設定し<sup>3)</sup>，対象者が各自日常的に着用している靴で歩行した。本インソールは  $24.0\text{cm}$  未満の足のサイズを対象とする M サイズと

$24.0\text{cm}$  以上を対象とする L サイズの2サイズ用意し，靴のサイズによって選択した。足底圧に対するインソールの厚さの影響を排除するため，あり条件では靴に付随している既存のインソールを取り外し，本インソールのみを装着した。なし条件では靴に付随していたガイドラインのないインソールを装着したまま測定した。開始前にトレッドミル上での歩行に慣れるために3分間の練習を実施した。2条件の順序は無作為に行った。

足底圧の測定は，インソール型足圧センサ (Pedar X, novel 社) を用いた。(図2) 歩行周期の立脚終期に該当する第2ピーク圧 (kPa) を測定した。本研究では，足底圧としてインソール型足圧センサの99個の区画の合計値を用いた。左足5歩分の平均値を算出した。

歩幅は，図3に示すように，左踵接地時の左踵部から右踵部までの距離と定義した。ビデオカメラ (iPhone XS, Apple 社) を使用し，サンプリング周波数  $240\text{Hz}$  で左側方より撮影した。解析には動画解析ソフト Tracker (National Science Foundation) を使用し，5歩行周期分の平均値を算出した。

統計学的解析には SPSS ver. 28.0.0.0 for Mac (IBM 社) を使用した。正規性の確認には Shapiro-Wilk 検定を行った。条件間の立脚終期の足底圧と



図3. 歩幅の測定

歩幅の比較に対応のある t 検定を使用した。有意水準は5%とした。

## 結 果

条件間の立脚終期の足底圧の比較を図4に、歩幅の比較を図5に示す。

あり条件の立脚終期の足底圧 ( $3704.3 \pm 523.1$  kPa) は、なし条件 ( $3061.6 \pm 225.9$  kPa) と比較して有意に高値であった ( $p < 0.05$ )。歩幅は、あり条件 ( $54.3 \pm 0.4$  cm) となし条件 ( $50.8 \pm 0.1$  cm) で有意な差はなかった ( $p = 0.07$ )。

## 考 察

本研究では、効率的な重心移動を促進するガイドライン付きインソールの着用により足底圧と歩幅に違いが生じるかを調査した。あり条件の足底圧は、なし条件と比較して有意に高値を示した。歩幅はあり条件となし条件で有意な差はなかったが、あり条件で6.9%増加傾向であった。これは本インソールの着用が歩行中の前方推進に影響を与えるという仮説を一部支持する結果となった。

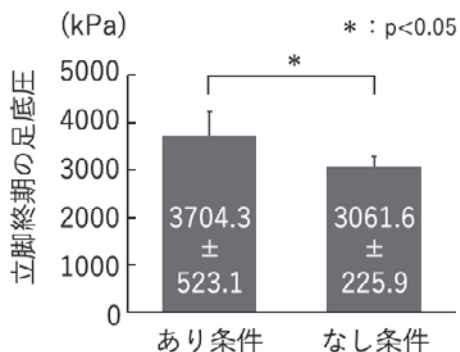


図4. 本インソールの有無による立脚終期の足底圧の比較

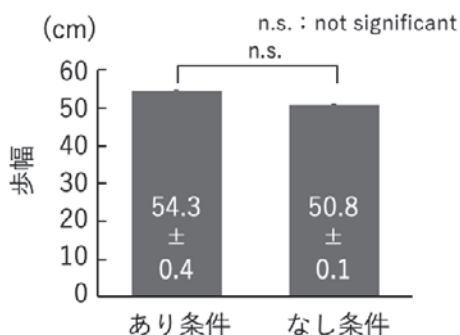


図5. 本インソールの有無による歩幅の比較

本インソールの特徴として、踵部から足底外側を通り母趾球に向かうラインに沿ったエアパッド、また中足趾節関節部分のゲル素材でできた凸部構造がある。前者のラインは、通常歩行の足圧中心の軌跡と類似している<sup>2)</sup>。歩行時の足圧中心軌跡の逸脱は<sup>1)</sup>、対側下肢への重心移動が適切に行えていないことを示しており、転倒にもつながる。また、渡部らは、高齢者の歩行能力の向上に対し、正しい足圧中心の移動を意識しながら歩行する「足圧認識歩行」が有用であると提案しており<sup>5)</sup>、足底で感じられる本インソールのエアパッドは推進力に寄与することが示唆された。さらに、中足趾節関節部分のゲル素材でできた凸部構造は、前足部荷重時のトゥロッカーに関与している可能性がある。トゥロッカーでは、中足趾節関節の適度な背屈制御が必要であることがいわれている<sup>6)</sup>。本インソールの足先の凸部構造は背屈時に足趾によ

り接触するため、背屈制御の意識づけが容易になると考えられる。

本研究の結果から、本インソールの着用が、歩行時の前方への推進力増大に寄与することが示された。歩行中の推進力を向上する効果のある補装具としての本インソールの利点は2つあげられる。まず、インソールであるという特徴から、任意の靴を着用できる点である。靴のデザインを損なわず、またヒール付きの靴にも応用が可能である。次に、靴に転がりのためのロッカー形状を施したロッカーシューズのように、そのものの形状により受動的な変化を促すのではなく、足底のラインを意識した能動的な歩行を実施することにより効果が得られるという点である。本インソールを装着し、効率的な重心移動を意識した歩行を習慣化することで、本インソール未着用時や裸足での歩行時にも、本インソール着用時に得られた歩容が再現される可能性がある。

本研究では、対象は健常成人にとどまり、足圧中心軌跡が逸脱しているとされる扁平足を有する対象が着用した際も同様の効果が得られるかは不明である。今後は、扁平足を有する者を対象とすることで、本研究と同様の効果がみられるかを確認したい。

## 結 語

1. ガイドライン付きインソールの着用により、立脚終期の足底圧と歩幅が変化するのかを検証した。
2. あり条件の立脚終期の足底圧は、なし条件と比較して有意に高値を示した。
3. 歩幅に関しては、あり条件となし条件で有意な差はなかった。

## 文 献

- 1) Perry J, Burnfield JM. ベリー歩行分析—正常歩行と異常歩行—. 原著第2版. 武田 功. 東京: 医歯薬出版; 2012. 22.
- 2) Kyrdaalen IL, Thingstad P, Sandvik L, et al. Associations between gait speed and well-known fall risk factors among community-dwelling older adults. *Physiotherapy research international* 2019; 24 (1): e1743.
- 3) 齋藤信夫, 武井圭一, 黒澤和生. 平地とトレッドミル上の快適歩行速度比較と加速度計を用いた身体活動量測定について. *理学療法学* 2008; 23 (5): 653-7.
- 4) 大野 修. 足底圧力分布と足アーチの関連性について. *日整会誌* 1990; 64 (1): S1350.
- 5) 吳 婷琦, 渡部和彦. 高齢女性における各種の強調歩行が歩行動作に及ぼす影響: 歩行速度, 足底圧, 足部動作の変化に着目して. *体育学研究* 2005; 50 (6): 651-61.
- 6) Jacob HA. Forces acting in the forefoot during normal gait-an estimate. *Clinical Biomechanics* 2001; 16 (9): 783-92.

## ダウン症候群小児のインソールの治療効果の検討

### Therapeutic efficacy of insoles in children with Down syndrome

宮城県立こども病院 整形外科

Department of Orthopedic Surgery, Miyagi Children's Hospital

水野 稚香, 落合 達宏, 高橋 祐子, 小松 繁允

Chika Mizuno, Tatsuhiko Ochiai, Yuko Takahashi, Shigemasa Komatsu

**Key words** : down syndrome (ダウン症候群), flexible flat foot (可撓性扁平足), insole (インソール)

#### 要 旨

ダウン症候群 (Down Syndrome, 以下 DS) 小児の扁平足に対するインソール治療効果と残存する足部の問題について検討した。DS 小児の 19 例 38 足を対象とした。インソール開始年齢は平均 3 歳 9 か月, 終了年齢は平均 9 歳 5 か月であった。治療前後に単純 X 線で正面距骨-第一中足骨角, 側面距骨-第一中足骨角と外反母趾角を計測したが, 有意に改善が得られたのは側面距骨-第一中足骨角のみであった。インソール終了時に開張足が 3 例, skewfoot を 13 例に認めた。DS の扁平足の多くは skewfoot が多いことから治療後も計測値自体の改善は期待できないが, 歩容の安定性を得るためには, インソールを使用することは有用であると考える。

#### はじめに

ダウン症候群 (Down Syndrome, 以下 DS) では全身関節弛緩性を示し, 運動発達遅延が認められる。また立位, 歩行開始時に足の変形として扁平足と外反母趾が高頻度で見られる。DS のイン

ソール治療は不要とする意見や, 一方では小児期に足部変形が治療されない場合に成人期の影響の可能性もあるとされている。今回, DS 小児の扁平足に対するインソール治療効果と残存する足部の問題について検討した。

#### 対象・方法

2020 年 4 月から 2022 年 4 月にインソール治療が終了となった DS 小児の 19 例 38 足を対象とした。男児は 11 例, 女児は 8 例であった。4 人の整形外科医がそれぞれ扁平足に対してインソール治療を開始し, 歩容の状態と単純 X 線での評価により治療を終了している。なお, インソール (図 1) は屋外のみで使用として, 自宅内では使用していない。対象症例について治療開始時期と治療終了後に, 単純 X 線正面・側面像より正面距骨-第一中足骨角 (AP-TM1), 側面距骨-第一中足骨角 (LAT-TM1) と外反母趾角 (HV 角) を計測した。さらにカルテの記事, 臨床写真, 単純 X 線からインソール終了時の足部問題点について検討した。統計学的評価は t 検定を用い有意水準は 0.01 を採用した。

#### 結 果

インソール開始年齢は平均 3 歳 9 か月 (2 歳から 7 歳 6 か月) であった。足根骨の骨化が得られ

(2023/01/11 受付)

連絡先: 水野 稚香 〒989-3124 宮城県仙台市青葉区  
落合 4-3-17 宮城県立こども病院 整形外科  
TEL: 022-391-5111 (代表)  
E-mail: mizuno-ch728@miyagi-children.or.jp



図1. a: 使用したインソール: 内側および外側の縦アーチを熱可塑性樹脂で裏打ちし, ヒール部はカップ状に形成した  
b: インソール有/無での単純X線. インソールのアーチにより第一中足骨角 (AP-TM1), 側面距骨-第一中足骨角 (LAT-TM1) が改善している

インソール終了した年齢は平均9歳5か月(5歳7か月から14歳)であった。AP-TM1は開始時期平均 $8.1 \pm 9.3^\circ$ から終了時 $6.3 \pm 7.2^\circ$  ( $p=0.11$ ), LAT-TM1は開始時期平均 $17 \pm 9.9^\circ$ から終了時 $10 \pm 8.3^\circ$  ( $p<0.01$ ), HV角は開始時期平均 $12 \pm 10.1^\circ$ から終了時 $12 \pm 9.1^\circ$  ( $p=0.34$ )であった。終了時の変形として, 開張足が3例, (図2) 第一中足骨内転, 後足部外反のskewfootを13例(図3)に認めた。インソール終了時, アーチ形成が得られ, 変形がない足部(図4)は3例6足で, 全体の16%にとどまった。

## 考 察

DSでは関節弛緩から扁平足や外反母趾などの足部の変形を呈することが多い。一般的な小児扁

平足に対するインソール治療に対しては, 成長に伴い足底アーチが形成されてくることから積極的な治療は不要とする報告もある<sup>1)</sup>。しかし, DSでは, 筋緊張低下, 靭帯弛緩, 肥満などから足底アーチが形成されにくいとされている<sup>2)~4)</sup>。山本ら<sup>5)</sup>はDSの扁平足において, インソール治療群で14%, ULCB使用群で22%にアーチが形成されたと報告している。今回の結果からもアーチが形成された症例は16%であった。さらにインソール終了年齢も通常より高齢であった。我々はインソール治療での改善が得られる可能性は足根骨骨化以前にあると考えており, 当科のインソール終了の判断は, アーチ形成だけではなく足根骨骨化後の歩行の安定性の獲得が重視されていた。

本調査ではインソールが終了になった時点で



図2. インソール治療後開張足が残存した症例 (17歳, 男性)



図3. インソール治療後Skewfootが残存した症例 (9歳, 女性)

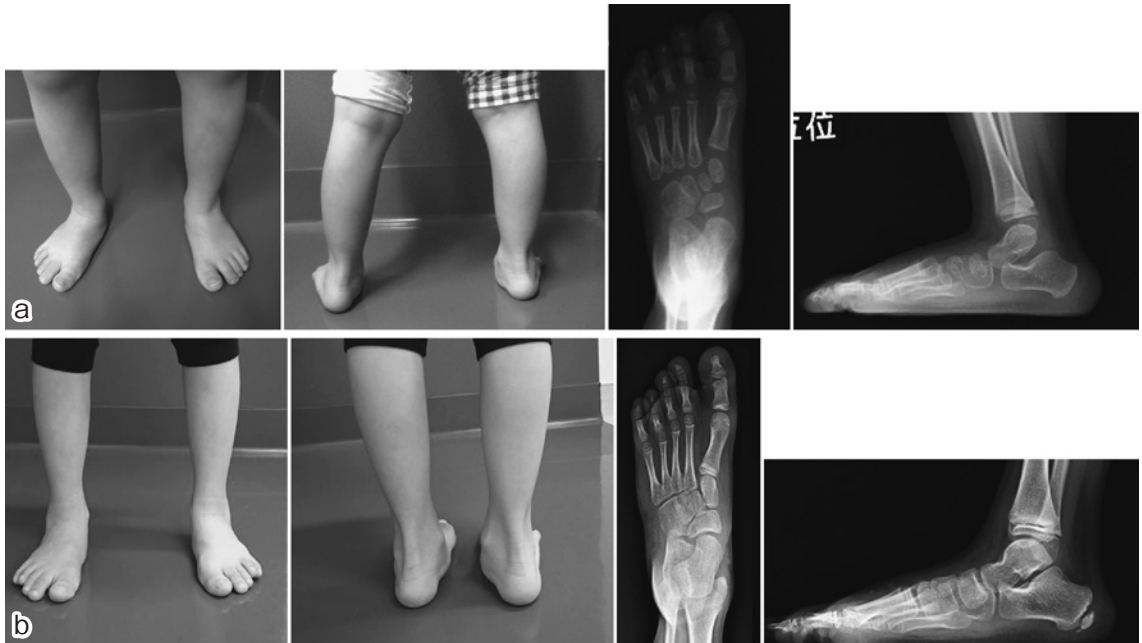


図4. インソール治療後アーチ形成が得られた症例 (8歳, 女性)  
a: 治療前/b: 治療終了時

68%に前足部内転, 中足部外転, 後足部外反を呈する skewfoot が認められた. 特にインソール治療前から第一中足内転が強い症例では skewfoot が遺残する傾向が強かった. このような第一中足内転が強い症例では外反母趾が増強しやすいとされる<sup>6)</sup>が, 今回の調査ではインソール治療前後で外

反母趾角の有意な悪化は認められなかった. しかし, 第一中足骨内転例では前足部が外転せず, 典型的な外反扁平足にはならないというメリットも存在する. したがって DS 小児の扁平足に対するインソールの目的は, 足部の安定性により歩行活動の範囲を広げ, 将来的に外反母趾などの変形を

最小限にすることと考える。

### ま と め

DS小児の扁平足に対するインソール治療効果と残存する足部の問題について検討した。インソール治療によりアーチの形成が得られたのは16%で、多くの症例が開張足やskewfootの遺残変形がみられた。一方で外反母趾角の増悪は認められなかった。DSの扁平足に対するインソール治療は、全例でアーチ形成がみられるわけではなかったが、歩行の安定性が得られ、成長に伴う外反母趾の増悪防止には有効であったと考える。

### 文 献

- 1) 和田郁雄, 杉村育生, 寺澤貴志他. 小児外反扁平足. 整・災外 2001; 44: 915-23.
- 2) Livingstone B, Hirst P. Orthopedic disorders in school children with Down's syndrome with special reference to the incidence of joint laxity. Clin Orthop Relat Res 1986; 207: 74-6.
- 3) MacNeill-Shea SH, Mezzomo JM. Relationship of ankle strength and hypermobility to squatting skills of children with Down syndrome. Phys Ther 1985; 65: 1658-61.
- 4) Perotti LR, Abousamra O, Del Pilar Duque Orozco, et al. Foot and ankle deformities in children with Down syndrome. J Child Orthop 2018; 12: 218-26.
- 5) 山本 亨, 佐藤雅人, 長尾聡哉他. Down症候群の外反扁平足に対する治療. 日小整会誌 2006; 15: 252-5.
- 6) Concolino D, Pasquzzi A, Capalbo G, et al. Early detection of podiatric anomalies in children with Down syndrome. Acta Paediatr 2006; 95: 17-20.

1) 和田郁雄, 杉村育生, 寺澤貴志他. 小児外反扁平足.



## 足底線維腫に対する靴と足底挿板による治療

### —靴サイズと足底挿板形状に関して—

## Treatment of plantar fibromatosis with shoes and shoe insole

### —Regarding shoe size and shape of shoeinsole—

戸塚共立リハビリテーション病院

Totsuka Kyoritsu Rehabilitation Hospital

内田 俊彦, 東 佳徳, 石川 早紀, 久保 実

Toshihiko Uchida, Yoshinori Higashi, Saki Ishikawa, Minoru Kubo

**Key words** : 足底線維腫 (Plantar Fibromatosis), 足底挿板 (Shoe Insole), 靴サイズ (Size of Shoes), 足サイズ (Size of Foot)

#### 要 旨

今回、足底線維腫に対して保存療法を行い、短期間ではあるが良好な経過をみており、靴の選択及び足底挿板の作製方法を含めて検討したので報告した。

対象は男性、女性それぞれ1名の計2例である。両者ともに実際の足サイズより大きい靴を使用しており、靴サイズの適正化を行った上で足底挿板を作製した。痛みはVASによるペインスケールで治療開始前を10とすると、最終観察時には0から2と満足できる結果であり、また腫瘍の大きさも縮小し良好な結果であった。

#### 緒 言

足底線維腫に対して靴と足底挿板による保存療法を行い、短期間ではあるが良好な経過をみてい

る。今回、靴の選択及び足底挿板の作製方法とその治療成績を検討したので報告する。

#### 対象及び方法

対象は男性、女性それぞれ1名の計2例である。経過観察期間は男性が6年、女性が3年であり、両者とも右足底部に生じた腫瘍と歩行時の痛みを主訴としていた。

#### 症例 1 58才男性

2011年に発症、2013年他院にて手術を受けるも術後腫瘍の再発と足底部の痺れが出現したため都内の某国立大学病院を紹介され内服治療と足底挿板を作製して経過を見ていた。足底部の痛みと痺れは全く改善せず、2016年当院初診となった。初診時、右足底の痺れと歩行時の痛みを認め、腫瘍部分に前足部に放散するTinel's signを認めた。靴は26.5cm 4Eを使用していたが、計測値からは左右共に24.5cmであったため、院内に常備している女性用の24.5cm 2Eのウォーキングシューズが履けることを確認した上で、その靴を用いて足底挿板療法を開始した。(表1)歩行時の痛みは足計測後の靴に変更しただけでも軽減した。歩行姿勢

(2022/12/20 受付)

連絡先: 内田 俊彦 〒245-0024 神奈川県横浜市泉区  
和泉中央北 1-40-34 戸塚共立リハビリテーション病院  
tel: 045-800-0320 fax: 045-800-0321  
e-mail: nikogabifoot7@gmail.com

表 1

症例 1				
	右足サイズ		左足サイズ	
足長	243mm		246mm	
足囲 (荷重位)	244mm	2E	244mm	2E
(非荷重位)	226mm	C	224mm	B
足幅 (荷重位)	101mm	3E	101mm	3E
(非荷重位)	90mm	A	90mm	A
症例 2				
	右足サイズ		左足サイズ	
足長	239mm		240mm	
足囲 (荷重位)	237mm	E	238mm	E
(非荷重位)	229mm	D	226mm	C
足幅 (荷重位)	98mm	2E	99mm	2E
(非荷重位)	89mm	A	89mm	A

は右立脚中期から推進期にかけて右骨盤帯の後方回旋が左に比べて大きく、足部は回内傾向が大きいと判断した。(図1) ベースのアーチパッドに載距突起部の内側アーチと横アーチ部を追加し、歩行時における骨盤帯の回旋の左右差の改善と、本人の自覚症状を確認しながら足底挿板を作製した。(図2a)

### 症例 2 49才女性

2019年右足底にシコリができ、近医で足底腱膜炎と診断され薬を投与されたが歩行時の疼痛は改善せず当院初診した。仕事で25cm 3Eの安全靴を使用していたが計測値では24cmであり、24cm 3Eの安全靴に変更して足底挿板療法を開始した。(表1) 基本的にこのサイズでは太すぎるが、現在販売されている安全靴には計測した太さに見合ったものは販売されていないため、この靴を使用した。靴の踵部分は右が明らかに内側に傾き、歩行姿勢は右立脚期に右肩甲帯の下制を伴い、右過回内の動きを呈していた。(図3a) 靴サイズを24cmに変更したがそれでも靴は太いため靴下とフットサポーターを使用。(図3c) 厚さ2mmの中敷きを追加して靴内における緩みを調整した。足底挿板形状はベースのアーチパッドに内側アーチと横アーチを組み合わせた二軸パッドを組み合わせ高さの



左推進期

右推進期

図 1

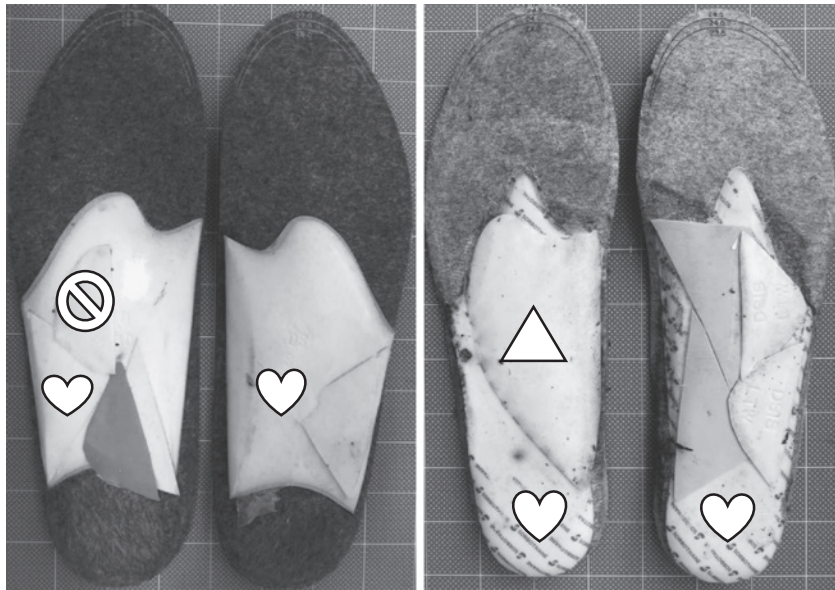
右推進期において、右の蹴り出しが強いため右骨盤帯の後方回旋が、左のそれと比べて大きい事がわかる。ズボンポケットの見え方の左右差で一目瞭然である。ここから右足の回内の動きが大きいと判断できる。

調節を行なった。(図2b)

## 結 果

VASによるペインスケールで初診時の痛みを10として、症例1は6年後の経過観察時には靴を履いていても裸足の場合でも痺れは残存するも痛みは1と軽減し、腫瘤の大きさも初診時は2×2cm大であったものが1×1cmに縮小している。(表2)

症例2は、仕事で2くらいと時々痛みが出現するもののほとんど気になる事はなく、靴を履いていない時にはフットサポーター使用にて痛みは0と消失している。腫瘤の大きさは初診時2×4cm大であったものが1×1cm大と明らかに縮小している。(表2) 最終経過観察時、安全靴の踵部分の傾きは改善されていた。(図3b) フットプリント

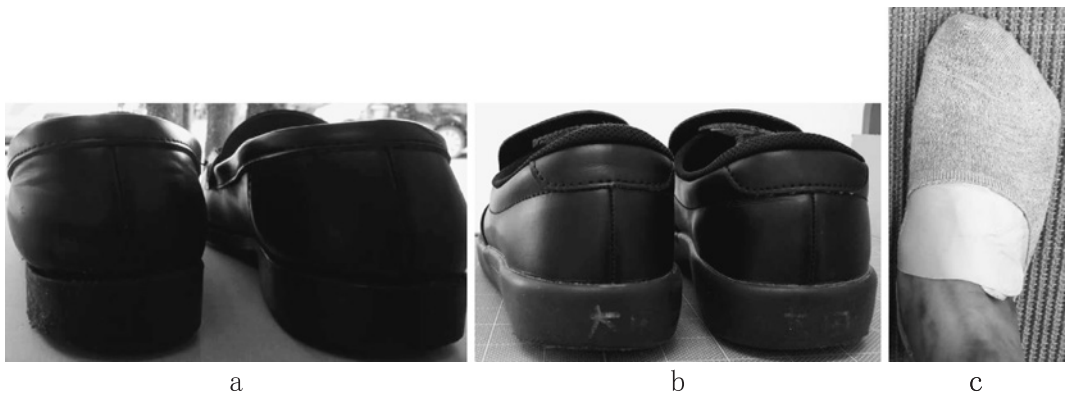


a 症例 1

b 症例 2

図 2. 足底挿板形状

a は基本パッドに載距突起部と中足骨パッドを追加している  
 b は基本パッドに二軸パッドを削って高さを調整して追加している  
 裏から観察しているため、どちらも向かって左が右足用の足底挿板である。  
 ◎基本パッド ●中足骨パッド △載距突起部パッド



a

b

c

図 3. 靴の踵変形の改善とサイズ調整のためのサポーター

a 靴の踵を後方より観察すると右は明らかに内側に、左は外側に傾いている  
 b 最終経過観察時、靴の踵の傾きはみられない  
 c 靴下の下にサポーターを使用して足サイズを靴に合わせた

の継時変化をみると、初診時は母趾の僅かな接地と2～5趾の浮き趾を認めるが5趾全て接地し、また内側アーチ形状が変化している事が確認でき、足底挿板についての足趾の痕跡を見ると5趾全て

しっかりと接地していた。(図4)

### 考 案

足底線維腫に対する治療の報告は散見されるが

表 2

	症例 1		症例 2	
	初診時	観察時	初診時	観察時
疼痛 (靴装着時)	10	1	10	2
疼痛 (室内)	10	1	10	0
	VASによるペインスケール0~10 (初診時の痛みを10とした)			
腫瘍の大きさ	2×2cm	1×1cm	2×4cm	1×1cm

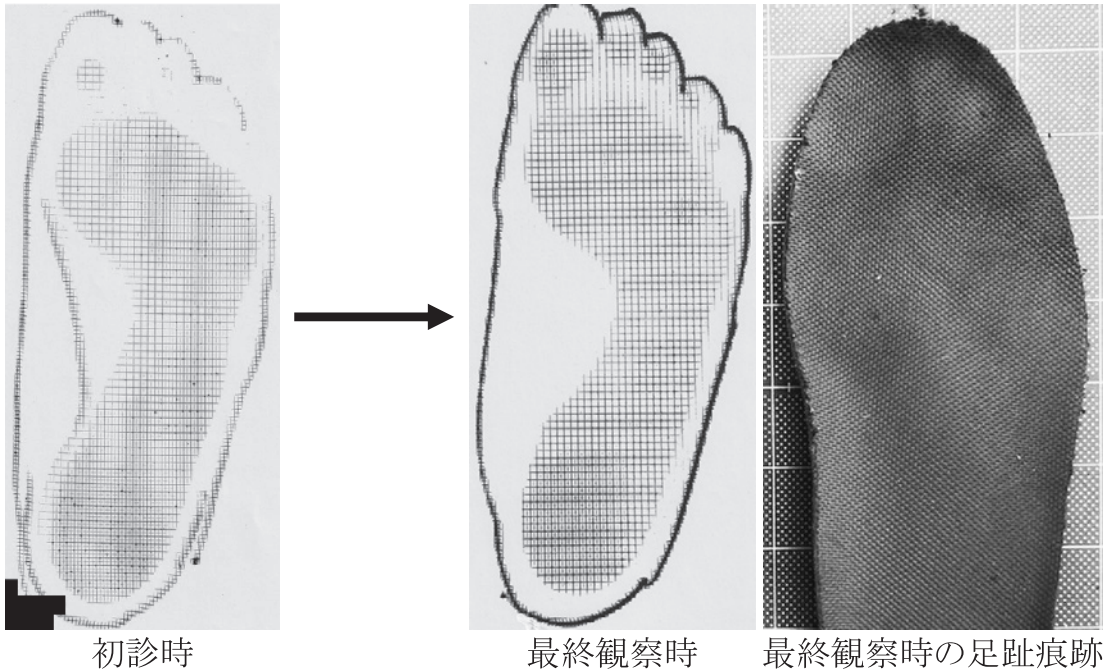


図 4. フットプリントの継時変化と足趾の痕跡

手術治療に関するものが多く<sup>1)2)</sup>、保存療法における靴の選択方法や足底挿板形状に関する報告はほとんどない。足底挿板に関しては、圧の分散目的で腫瘍が当たる部分に穴をあけたり、その部分の素材を軟かいものにするといった方法が紹介されている。症例1も足底挿板に穴をあけて対応されていたがその効果は全くなかった。その理由として靴が大きすぎるため歩行時、靴内での足の滑りが生じて腫瘍部分があけられた穴の部分にぴったり合わなかった事、内側アーチの高さも合っていない事が推察される。町田は彼のホームページの中で、厚い足底挿板が効果的であり薄いもの

はその効果は薄い、と指摘している。厚みのあるドイツ製の足底挿板が良いとしているのであろうが具体的に何処がどう厚ければ良いのかその説明からは判然としない。

我々の足底挿板は、一般的に作られている足型を採取したトータルコンタクトのものとは違って、ベースになる基本パッドを用いて衝撃吸収剤：商品名ソルボセインのシートを削って歩行姿勢を観察して内側アーチを高くするか、それとも外側アーチを高くするかを決めてその場で調整して作成するものである<sup>3)</sup>。トータルコンタクトの足底挿板は、アーチの高さを決める基準は使ってみ

ないとわからないところに欠点がある。両例とも右足の動きは立脚中期に足内側縦アーチの低下に起因する足部回内の動きが大きいためであり、歩行姿勢を観察しながら、基本パッドに内側アーチの高さを調整して作製した。

我々は以前から外反母趾を含めて靴選びは細い靴を選ぶように推奨してきた<sup>4)</sup>。細い靴のメリットは、踵部分が狭く接地期から立脚中期にかけて踵骨の内返しを抑制してくれるため足底挿板の内側アーチと相乗効果をもたらしてくれる。足底線維腫の痛みは足底腱膜の伸張や接地圧迫によって生じていた。したがって除圧目的で足底挿板の接地部分に穴をあけたりされている。この方法も悪くはないだろうが、靴サイズが大きすぎると靴内での足の滑り等によって、うまくその場所に当たらないことになってしまう事が想像される。従って靴は荷重位における足サイズより細いもので幅が狭い必要がある。症例1では女性用の2Eの靴合わせを行なうだけでも痛みは軽減したと言っていた。これは狭いヒールカウンターが踵骨の内返しを抑えてくれた結果だと考えられる。

症例2は足長を合わせても靴が太いため、靴だけでは歩行時の痛みは軽減しなかった。安全靴は調節性がないため、靴下とサポーターを併用、足

サイズを大きくし中敷き2mmを追加して靴を使用する事で初めて効果を得た。

また、室内では靴を使えないため2例とも中足部を締めるサポーターを使用した。中足部を締めると母趾の回旋、足横アーチ・足内側縦アーチの改善が得られるため有効であった。

## ま と め

足底線維腫に対して靴と足底挿板による保存療法を行い、靴の選択及び足底挿板の作製方法とその治療成績を報告した。

靴は出来るだけ細いサイズ選びが推奨され、足底挿板作製にあたっては元々の靴の変形や歩行姿勢の観察が役立った。

## 文 献

- 1) 門野邦彦, 田中康仁, 米田岳史他. 足底線維腫に対する手術治療の経験. 中部整災誌 2000;43:239-40.
- 2) 田中 憲, 木下光雄, 滝川直秀他. 足底線維腫により固有底側母趾神経障害をきたした1例. 日足外会誌 2022;43:271-4.
- 3) 内田俊彦, 佐々木克則, 野口昌彦他. 歩行リハビリテーションにおける我々の足底挿板療法. 靴の医学 2010;24:66-71.
- 4) 笠原知子, 東 佳徳, 内田俊彦他. 外反母趾の靴選びに関する検討. 靴の医学 2016;30:73-6.

# 慢性足関節不安定症患者における 手術前後の靴関連スコアを用いた評価

## Analysis of shoe-related scores before and after surgery for chronic ankle instability

<sup>1)</sup>佐賀大学医学部整形外科

<sup>2)</sup>百武整形外科・スポーツクリニック

<sup>1)</sup>Department of Orthopaedic Surgery, University of Saga

<sup>2)</sup>Hyakutake Orthopaedic Surgery and Sports Clinic

坂井 達弥<sup>1)</sup>, 田中 博史<sup>2)</sup>

Tatsuya Sakai<sup>1)</sup>, Hirofumi Tanaka<sup>2)</sup>

**Key words** : 慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability : CAI), 自己記入式足部足関節評価質問票 (Self-Administered Foot Evaluation Questionnaire : SAFE-Q), 日本足の外科学会 後足部判定基準 (JSSF ankle/hindfoot scale), 距骨傾斜角 (talar tilt angle : TTA), 前方引き出し距離 (anterior drawer distance : ADD)

### 要 旨

慢性足関節不安定症 (以下 CAI) に対する鏡視下靭帯修復術前後において SAFE-Q の靴関連スコアを用いて評価した。対象は 26 例 27 足。靴関連スコア 80 未満を低値群, 80 以上を高値群とし, 術前と術後 6 ヶ月時にストレス単純 X 線における距骨傾斜角 (以下 TTA) と前方引き出し距離 (以下 ADD) を測定し, 同時期に JSSF scale と SAFE-Q を評価した。低値群では術前の TTA, JSSF, SAFE-Q は高値群と比較し劣り, ADD は差がなかった。術後は低値群では TTA, SAFE-Q は高値群より劣り, ADD と JSSF は差がなかった。靴の愁訴を持つ CAI 患者において本研究は手術をすすめる際の一助となる。

(2021/12/27 受付)

連絡先 : 坂井 達弥 〒849-8501 佐賀県佐賀市鍋島  
5-1-1 佐賀大学医学部整形外科  
TEL : 0952-34-2343 FAX : 0952-34-2059  
E-mail : tatsuyasakai@icloud.com

### 緒 言

新鮮足関節外側靭帯損傷は最も一般的なスポーツ外傷である。保存治療を施行後, 約 20-40% において慢性足関節不安定症 (CAI) に移行するとされ<sup>1)2)</sup>, それによる機能障害は ADL を制限する。CAI に対する靭帯修復術は近年鏡視下においても施行され良好な治療成績が報告されている<sup>3)</sup>が, 同患者に対する靴機能の主観的評価に関する報告はない。今回, 鏡視下靭帯修復術前後において自己記入式足部足関節評価質問票 (以下 SAFE-Q)<sup>4)~6)</sup> の靴関連スコアを用いて評価した。

### 対象と方法

対象は CAI に対して鏡視下靭帯修復術を施行した 26 例 27 足, 男性 8 例, 女性 18 例, 平均年齢 34.2 歳 (12-74 歳), 平均経過観察期間 21.7 ヶ月 (6-47 ヶ月) であった。手術適応は, 複数回捻挫の既往があり, 足関節外側を中心とした疼痛および

足関節不安定感とそれに伴う何らかの愁訴がある症例、もしくは初回捻挫から3ヵ月以上経過し保存治療施行後も、治療に抵抗し前記と同様の症状と愁訴のある症例とし、X線学的評価としてストレス単純X線で左右差を認める症例とした。

術前SAFE-Q靴関連スコアの平均値72.4、中央値79.1であったことから、80未満を低値群、80以上を高値群とした。低値群は男性2例、女性11例、平均年齢37.5歳(12-74歳)、高値群は男性8例、女性5例、平均年齢20.7歳(15-45歳)であった。(表1)

術前と術後6ヵ月時にストレス単純X線における距骨傾斜角(以下TTA)と前方引き出し距離(以下ADD)を測定し、同時期にJSSF ankle/hindfoot scale(以下JSSF scale)とSAFE-Qを評価し、両群間で比較した。統計学的評価はstudent t検定を用い、有意水準0.05とした。

鏡下靭帯修復術はantero-medial portal, antero-lateral portal, accessory antero-lateral portalの3portalを用いて施行した。Accessory portalよりmicro suture lassoを前距腓靭帯(以下ATFL)下縁へ刺入し、lassoからループワイヤーを通し、縫

合糸をリレーした。Racking Hitch法でATFLと関節包を縫縮し、縫合糸断端をKnotless Anchorを用いて外果の骨孔に打ち込んで修復した。全例に対して同一手技を用いた。

後療法は、外固定は1週間のシーネ固定、その後は2ヵ月前後の軟性装具固定を施行し、荷重は翌日より疼痛に応じて全荷重まで可とした。可動域訓練はシーネ終了後、自動運動を開始、術後3週より他動運動を開始し、段階に応じてADL拡大を進めた。

## 結 果

TTAは術前平均5.4度から術後平均2.3度、ADDは術前平均5.1mmから術後平均3.4mmへ有意に改善した( $p<0.05$ )。(図1)2群間ではTTAの平均値において、術前は低値群7.7度、高値群2.6度、術後は低値群3.5度、高値群1.1度で、術前後とも低値群で有意に大きかった( $p<0.05$ )。ADDの平均値において、術前は低値群5.4mm、高値群4.9mm( $p=0.30$ )、術後は低値群3.7mm、高値群3.4mm( $p=0.27$ )で、術前後とも両群間に有意差はなかった。(図2)

JSSF scaleの平均値は術前72.2から術後95.2へ有意に改善した( $p<0.05$ )。(図3)2群間では術前は低値群68.5、高値群77.1( $p<0.05$ )、術後は低値群93.7、高値群96.7( $p=0.24$ )で、術前は低値群で有意に低く、術後は差がなかった。(図4)

表1. 対象

	低値群 (< 80)	高値群 (≥ 80)
男性:女性(例)	2:11	8:5
平均年齢(歳)	37.5 (12-74)	20.7 (15-45)

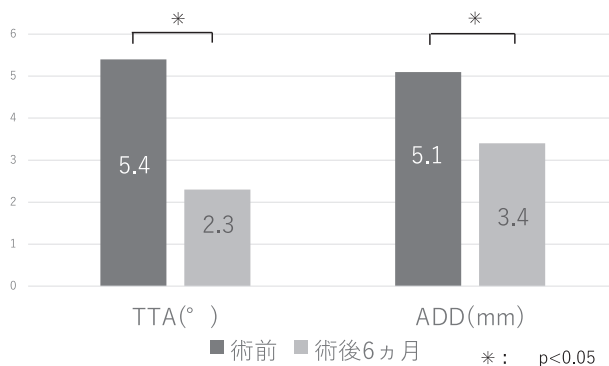


図1. 結果 ストレス単純X線(全体)

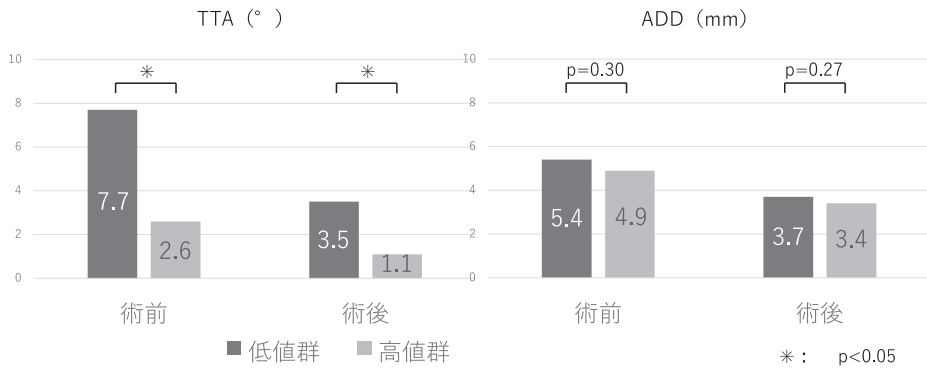


図2. 結果 ストレス単純X線 (二群間)

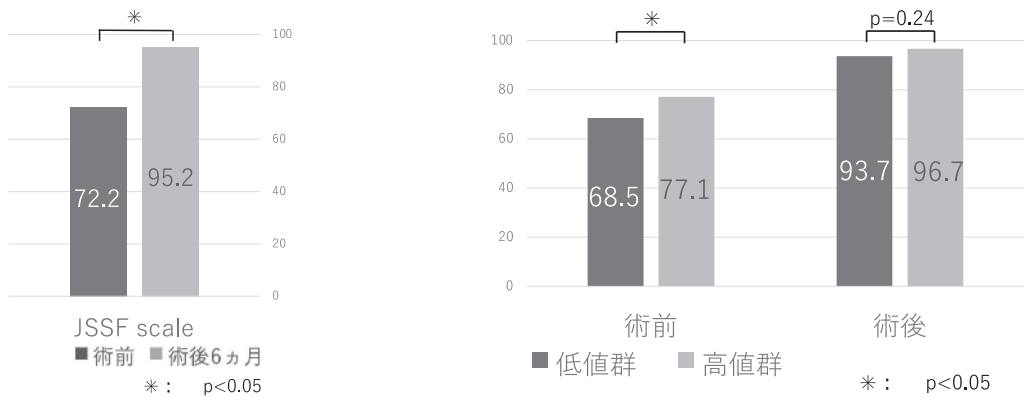


図3. 結果 JSSF scale (全体)

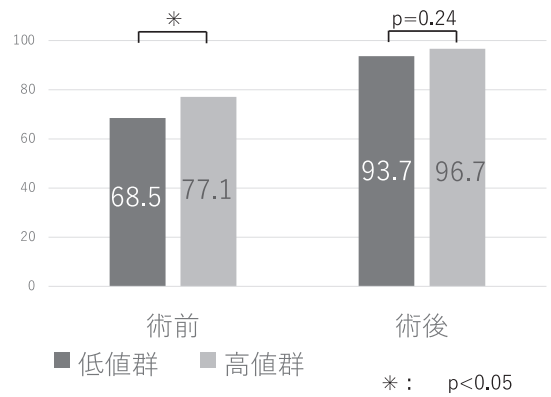


図4. 結果 JSSF scale (二群間)

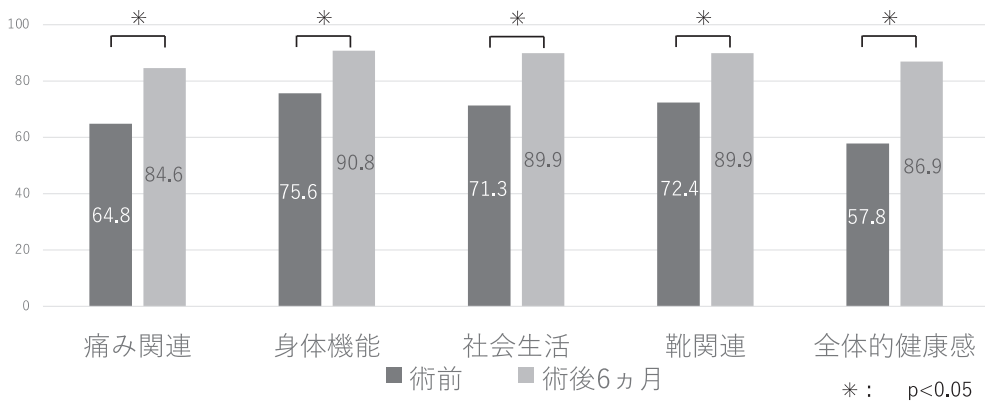


図5. 結果 SAFE-Q (全体)

足関節と後足部の安定性の項目は、術前は全例で「不安定」であり、術後6ヵ月時は全例で「安定」であった。

SAFE-Qは術前後の平均値で、痛み・痛み関連

は64.8から84.6、身体機能・日常生活の状態は75.6から90.8、社会生活機能は71.3から89.9、靴関連は72.4から89.9、全体的健康感は57.8から86.9へ全て有意に改善した ( $p < 0.05$ )。 (図5) 2群間で



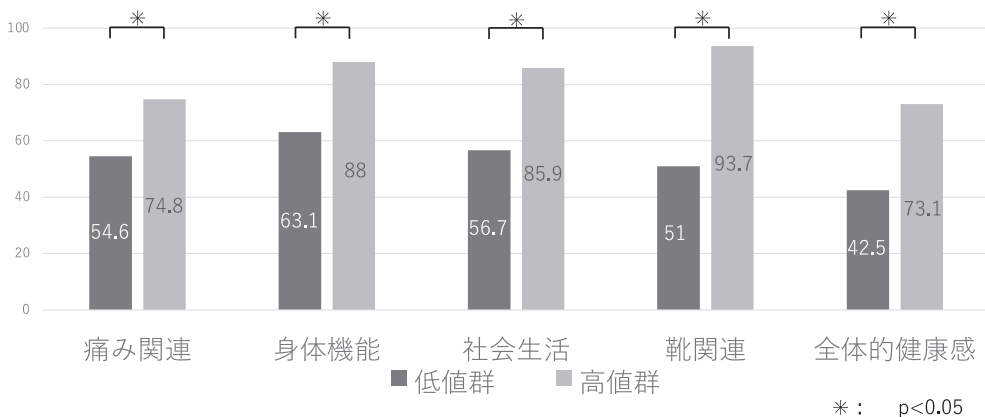


図 6. 結果 術前 SAFE-Q (二群間)

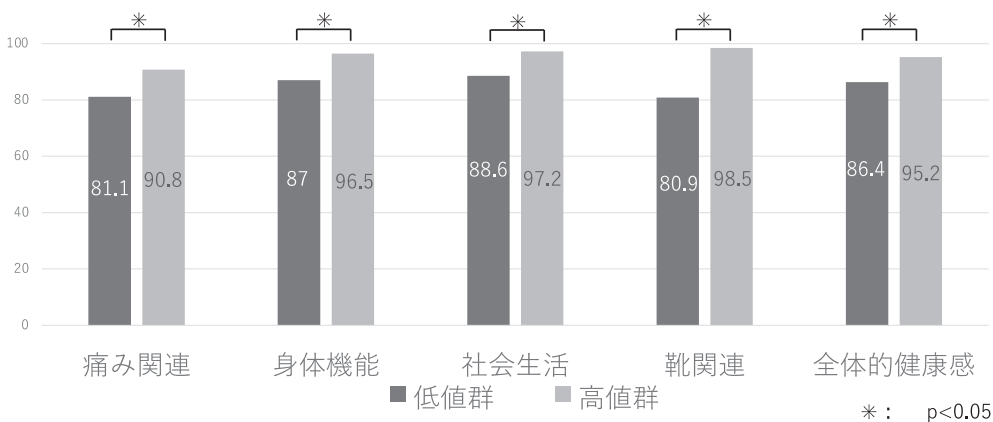


図 7. 結果 術後 SAFE-Q (二群間)

は術前において、痛み・痛み関連では低値群 54.6、高値群 74.8、身体機能・日常生活の状態は低値群 63.1、高値群 88.0、社会生活機能は低値群 56.7、高値群 85.9、靴関連は低値群 51.0、高値群 93.7、全体的健康感は低値群 42.5、高値群 73.1 と全ての項目において低値群で有意に低かった ( $p < 0.05$ )。 (図 6) 術後に関しては、痛み・痛み関連では低値群 81.1、高値群 90.8、身体機能・日常生活の状態は低値群 87.0、高値群 96.5、社会生活機能は低値群 88.6、高値群 97.2、靴関連は低値群 80.9、高値群 98.5、全体的健康感は低値群 86.4、高値群 95.2 と術前と同様に全ての項目において低値群で有意に低かった ( $p < 0.05$ )。 (図 7)

## 考 察

本研究における CAI 患者の術前 SAFE-Q の靴関連スコアの中央値が 79.1 であったことから、80 を基準とし 2 群に分類した。SAFE-Q における靴関連項目は 3 つあり、そのなかの一つである問 34 「この 1 ヶ月間、ファッション性の高い、あるいは冠婚葬祭用の靴を履くことが難しいと感じたことがありますか？」との問いは、性別や年齢によって、日常生活で経験する頻度が異なることが予想される。本研究では低値群において女性の割合が高く、高齢であった。CAI を有する女性において外がえし筋力が著明に低下するという報告<sup>7)</sup>や中

高年の CAI 患者では QOL が低い<sup>8)</sup>との報告もあり、性別や年齢による影響を受けた可能性が考えられた。

ストレス単純 X 線について、TTA は ATFL と踵腓靭帯（以下 CFL）を、ADD は ATFL を評価する<sup>9)10)</sup>とされる。本研究において、TTA、ADD とも術後有意に改善した。2 群間で比較すると低値群は術前後とも TTA は有意に大きかった。低値群は足関節不安定性が大きい群と考えられ、術後も高値群と比較すると TTA に有意差を認め、CFL 損傷の影響が示唆される。

臨床評価に関して、JSSF scale と SAFE-Q はともに術前後で有意に改善を認めた。短期成績は良好であり、諸家の報告と同様であった<sup>3)</sup>。

本研究では術前 SAFE-Q 靴関連スコアが 80 未満を低値群と定義し、X 線学的評価（ストレス単純 X 線）、客観的評価（JSSF scale）、主観的評価（SAFE-Q）は、80 以上の高値群と比較し、術前において X 線学的評価の ADD 以外は全て劣る傾向にあった。術後は全ての評価で改善するが、高値群と比較し客観的評価では差がないが、X 線学的評価の TAA と主観的評価ではやや劣る結果となった。これらのことから、靴関連スコアが低い患者は術前より足関節の不安定性が大きく、客観的評価だけでなく、主観的な痛みや日常生活・社会生活機能、全体的な健康感も低下している傾向にあり、手術によってこれらは改善されると考えられた。よって、同患者への靭帯修復手術を勧めるが、靴関連スコアが比較的高い患者より術後の主観的評価や関節安定性は劣る場合があり、症例によっては補強術を追加することを検討したい。

本研究の限界として、ストレス単純 X 線という間接的な手法で不安定性を評価しており、MRI や鏡視による靭帯評価を行っていない点である。靴関連スコアと足関節不安定性の関連については、これらの評価を行い、より詳細な検討が必要である。

## 結 語

陳旧性足関節外側靭帯損傷後の CAI 患者を対象に、術前の靴関連スコアをもとに臨床成績を調査した。術前靴関連スコア低値群は女性が多く、年齢が高かった。低値群は、高値群より術前では ADD 以外の全ての評価項目で劣り、術後は全て改善していたが、TTA と SAFE-Q は高値群より劣っていた。

## 文 献

- 1) Gerber JP, Williams GN, Scoville CR, et al. Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot Ankle Int* 1998; 19: 653-60.
- 2) Pijnenburg AC, Bogaard K, Krips R, et al. Operative and functional treatment of rupture of the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85-B: 525-30.
- 3) Guelfi M, Zamperetti M, Pantalone A, et al. Open and arthroscopic lateral ligament repair for treatment of chronic ankle instability: A systematic review. *Foot and Ankle Surg* 2016; 24: 11-8.
- 4) Niki H, Tatsunami S, Haraguchi N, et al. Validity and reliability of a self-administered foot evaluation questionnaire (SAFE-Q). *J Orthop Sci*. 2013; 18: 298-320.
- 5) 仁木久照, 立浪 忍, 原口直樹, 他. 日本整形外科学会診断・評価等基準委員会, 日本足の外科学会診断・評価等基準委員会. 自己記入式足部足関節評価質問票 Self-Administered Foot Evaluation Questionnaire (SAFE-Q). *日整会誌* 2013; 87: 451-87.
- 6) Niki H, Haraguchi N, Aoki T, et al. Responsiveness of the Self-Administered Foot Evaluation Questionnaire (SAFE-Q) in patients with hallux valgus. *J Orthop Sci* 2017; 22: 737-42.
- 7) Hou ZC, Miao X, Ao YF, et al. Characteristics and predictors of muscle strength deficit in mechanical ankle instability. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2020; 21: 730-6.
- 8) Kosik KB, Johnson NF, Terada M, et al. Health-Related Quality of life among middle-aged adults with chronic ankle instability, copers, and uninjured controls. *J Athl Train* 2020; 55: 733-8.
- 9) Lähde S, Putkonen M, Puranen, et al. Examination of the sprained ankle: anterior drawer test or arthrography? *Eur J Radiol* 1988; 8: 255-7.
- 10) Rasmussen O. Stability of the ankle joint. Analysis of the function and traumatology of the ankle ligaments. *Acta Orthop Scand Suppl* 1985; 211: 1-75.

# 外反母趾患者の足趾接地状態と足部形態との関係

## Relationship between toe contact and foot morphology in hallux valgus patients

<sup>1)</sup>しょうの整形外科クリニック

<sup>2)</sup>浅草病院 整形外科

<sup>3)</sup>田崎病院

<sup>4)</sup>NPO オーソティックソサエティー

<sup>1)</sup>Shono Orthopedic Clinic

<sup>2)</sup>Asakusa Hospital Orthopedic

<sup>3)</sup>Tazaki Hospital

<sup>4)</sup>Nonprofit Organization of Orthotics Society

山口 慎介<sup>1)</sup>, 庄野 和<sup>1)</sup>, 渡辺 淳<sup>2)</sup>,  
田崎 正和<sup>3)</sup>, 内田 俊彦<sup>4)</sup>

Shinsuke Yamaguchi<sup>1)</sup>, Kazu Shouno<sup>1)</sup>, Atushi Watanabe<sup>2)</sup>,  
Masakazu Tazaki<sup>3)</sup>, Toshihiko Uchida<sup>4)</sup>

**Key words** : 外反母趾 (Hallux valgus), 浮き趾 (Floating toes), 足幅 (Foot width), 内側縦アーチ (Medial arch)

### 要 旨

外反母趾と診断された成人男女 15 名 23 足に対して、第 5 趾の接地状態と足部形態（足幅、外反母趾角、内側縦アーチ）を調査し、その関係を比較・検討した。外反母趾患者では第 5 趾の接地状態と足部形態との関係について有意な差は認めなかった。しかし、症例数が少ないこともあり統計学的には有意とはならなかったが、第 5 趾に浮き趾の傾向がある足では外反母趾角が大きい可能性を示すことができた。

### 緒 言

足底は立位・歩行時の唯一の接地面であり、足底の接地状態は立位や歩行の安定性に大きく関与するとされている。また、外反母趾患者において、母趾の接地状態に関する報告は多いが第 5 趾に関する報告は少ない。また、第 5 趾の接地状態と足部形態との関係についての報告も少ない。

そこで今回は、外反母趾患者の第 5 趾の接地状態を調査すること、また、足部形態を調査し、第 5 趾の接地状態と足部形態との間にどのような関係があるのかを比較・検討したので報告をする。

(2021/12/27 受付)

連絡先 : 山口 慎介 〒115-0055 東京都北区赤羽西  
1-38-15  
しょうの整形外科クリニック  
TEL : 03-6454-3935 FAX : 03-6454-3934  
E-mail : Shinsukey3128@yahoo.co.jp

### 対象・方法

対象は立位単純 X 線正面像で外反母趾角（以下、HVA）20 度以上の成人男女 15 名（男性 3 名、

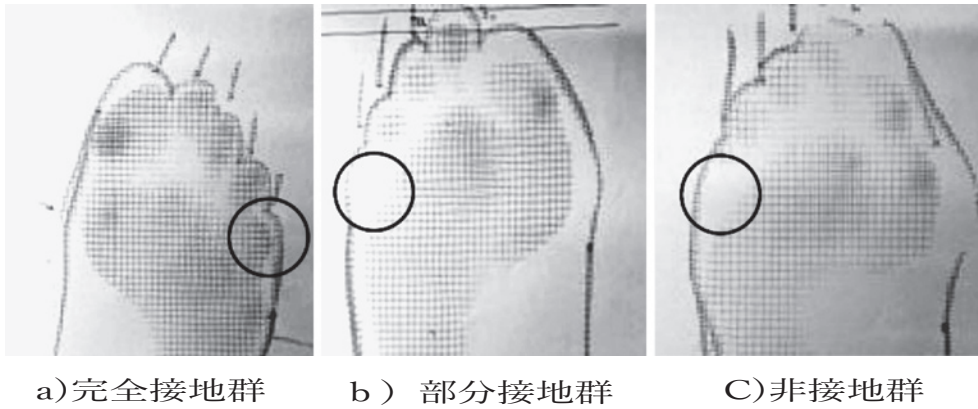


図1. 第5足趾の接地状態（フットプリントで計測）

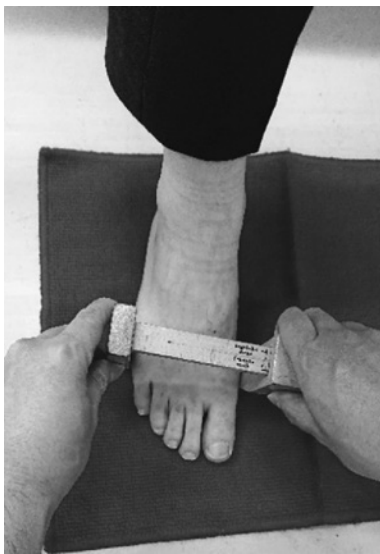


図2. 足幅（MTP 関節での母趾から第5趾までの長さ）



図3. HVA

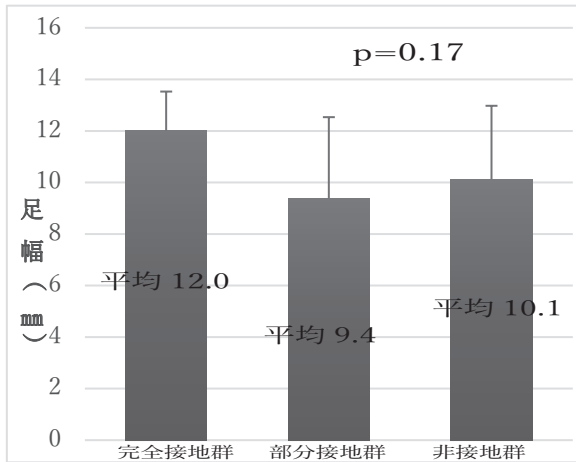
女性12名), 23足(男性5足, 女性18足), 年齢は24~81歳(平均年齢59.4歳)とした。

方法は, 足趾の接地状態, 足部形態をそれぞれ計測し, 足趾の接地状態と足部形態の各項目について比較・検討をおこなった。足趾の接地状態はフットプリントを用いて計測し, 第5趾の接地状態を完全に接地している群を完全接地群, 一部分でも接地している群を部分接地群, 全く接地していない群を非接地群とし, 3群に分類した。(図1)

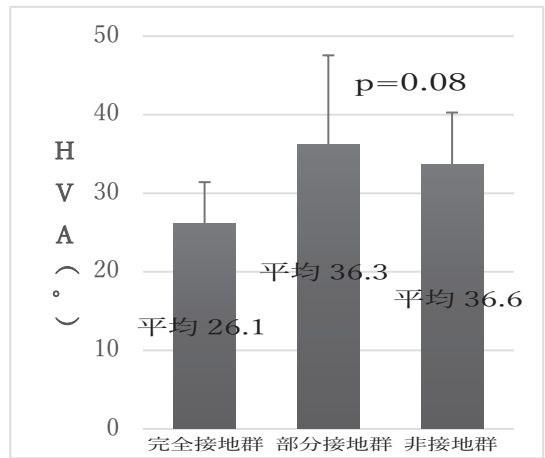
足部形態は, 足幅, HVA, 内側縦アーチについ



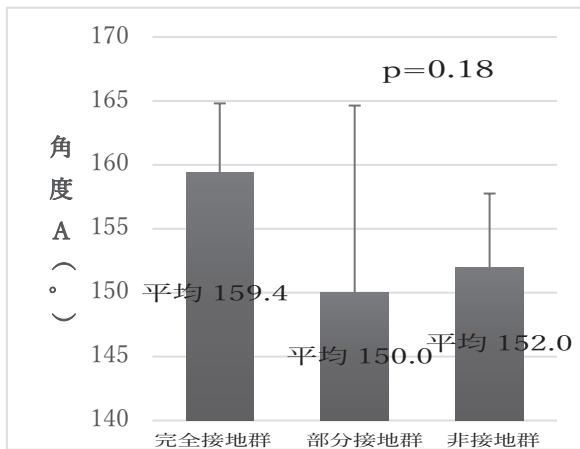
図4. 角度A(踵骨下縁の接線と第1中足骨下縁の接線となす角)



a) 足幅 (荷重位と非荷重位の差)



b) HVA



c) 角度 A

図5. 一元配置分散分析法の結果

て計測した。足幅は中足趾節関節（以下、MTP 関節）部での母趾から第5趾までの長さとし、荷重位・非荷重位でそれぞれ計測しその差を算出した。（図2）HVAは立位単純X線正面像で計測した。（図3）内側縦アーチは立位単純X線側面像で、踵骨下縁の接線と第1中足骨下縁の接線でなす角を、角度Aとして計測した。（図4）

統計学的検討は一元配置分散分析を用いて足部形態の各項目について、第5趾の接地状態の完全接地群、部分接地群、非接地群の各群間について

比較・検討した。有意水準は5%未満とした。

### 結 果

第5趾の接地状態の結果は、完全接地群が7足、部分接地群が8足、非接地群が8足だった。足幅の荷重位と非荷重位の差の計測結果は、完全接地群は平均12.0mm、部分接地群は平均9.4mm、非接地群は平均10.1mmだった。HVAの計測結果は、完全接地群は平均26.1度、部分接地群は平均36.3度、非接地群は平均33.6度だった。角度Aの

計測結果は、完全接地群は平均 159.4 度、部分接地群は平均 150.0 度、非接地群は平均 152.0 度だった。

一元配置分散分析法の結果は、足幅は  $p=0.17$ 、HVA は  $p=0.08$ 、角度 A は  $p=0.18$  だった。足幅、HVA、角度 A のそれぞれについて足趾の接地状態による関係性に差は認めなかった。(図 5)

## 考 察

今回、われわれは外反母趾患者の第 5 趾の接地状態と足部形態を調査し、第 5 趾の接地状態と足部形態との関係を比較・検討した。今回の結果では、足幅、HVA、内側縦アーチともに、足趾の接地状態によって有意な差は認めなかったが、HVA においては足趾の接地状態によって HVA の増大にともない、第 5 趾が浮き趾となる傾向があった。門野らは外反母趾群での中足骨骨頭部において荷重の分布は第 1、第 2、3 中足骨骨頭部に荷重の分布が移動していた。また、足趾部では第 5 趾へかけて荷重が漸減する傾向となったとしている<sup>1)</sup>。本岡らは外反母趾患者では 3~5 趾への荷重圧分布は 0% であった。疼痛のない外反母趾では、疼痛例よりも回内位の傾向があるとしている<sup>2)</sup>。HVA の増大にともない、母趾側への荷重が集中することで第 5 足趾に浮き趾が起こりやすい傾向があることが考えられる。

また、角度 A において、足趾の接地状態によって有意な差を認めなかった。角度 A は内側縦アーチの高さを反映しているが、阿部らはローアーチ群に内側縦アーチパッドを挿入すると、浮き趾が消失したとしている<sup>3)</sup>。内側縦アーチが形成されることにより、偏位した足底圧が分散し、浮き趾が改善されることが考えられる。今回のわれわれの計測方法は、踵骨下縁と第 1 中足骨下縁の接線でなす角を計測したが、この方法では計測線の設定が不明瞭となり実際の内側縦アーチを反映することが不十分であったと考える。アーチ高率などの方法での計測が必要であったと考える。

## 結 語

足幅、HVA、角度 A において足趾の接地状態による有意な差は認めなかった。しかし、症例数が少ないこともあり統計学的には有意とはならなかったが、第 5 趾に浮き趾の傾向がある足では外反母趾角が大きい可能性が示すことができた。

## 文 献

- 1) 門野邦彦, 田中康仁. 外反母趾における歩行時前足部足底圧分布の検討 F スキャンと荷重時全足部 X 線撮影を組み合わせた分析方法を用いて. 日本足の外科学会雑誌 2001; 22 (2): 37-42.
- 2) 本岡 勉, 田中博史. 疼痛のない外反母趾例の歩行分析. 日足学会誌 2007; 28: 29-31.
- 3) 阿部真典, 阿部 薫. 浮き趾者における足底挿板の有用性の検討. 靴の医学 2011; 25: 14-8.

シンポジウム

## 足関節不安定症に対する補装具療法の効果に関する文献的考察

# A narrative review on the effectiveness of prosthetic therapy for subjects with ankle instability

北海道千歳リハビリテーション大学 健康科学部 リハビリテーション学科

Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science, Hokkaido Chitose College of Rehabilitation

小林 匠

Takumi Kobayashi

**Key words** : 慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability), テーピング (taping), 装具 (orthosis), 足底挿板 (insole)

### 要 旨

足関節捻挫の代表的な後遺症である慢性足関節不安定症 (Chronic ankle instability ; CAI) は、慢性的な足関節の不安定感と反復する足関節捻挫を主とする病態として知られる。CAI に対する治療の第一選択は補装具療法を含めた保存療法であり、CAI に対する軟性装具やテーピングの使用は、足関節キネマティクスを正常に近づけることや足関節捻挫再発予防に対して一定の効果が示されている。一方、CAI に対する足底挿板の効果に関するエビデンスは限定的である。今後、CAI に対する補装具療法の効果に関する科学的知見のさらなる蓄積が必要である。

### 緒 言

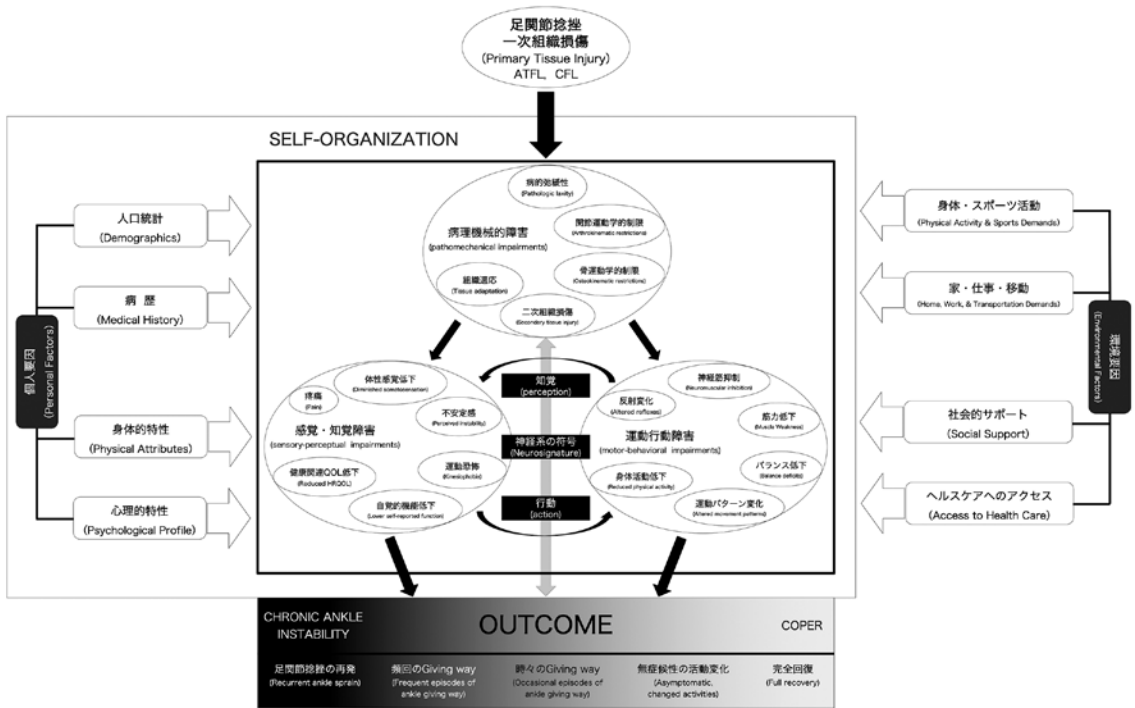
足関節捻挫は代表的なスポーツ外傷の一つであり、発生率・再発率が非常に高いことが特徴である。足関節捻挫の代表的な後遺症である慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability ; CAI) は、

慢性的な足関節の不安定感と反復する足関節捻挫を主とする病態として知られ、将来的に変形性足関節症 (ankle osteoarthritis ; 足 OA) の発症原因となる。足 OA 患者 318 足を対象とした研究では、足関節靭帯損傷を原疾患とする患者は 20.4% 存在し、足関節果部骨折に次いで高い割合であった<sup>1)</sup>。また、40 歳以上の大規模コホート (448,754 名) を対象とした前向き研究では、足関節捻挫既往を有する群は捻挫既往の無い群と比較して、足 OA の発症リスクが 46% 上昇することが示され、他のリスクファクター (女性、肥満) よりも高い値であることが示された<sup>2)</sup>。このように足関節捻挫とそれに続発する CAI は、将来的な足 OA の原因となることは明確であり、CAI への効率的なアプローチは足関節捻挫の再発予防や足 OA 発症の予防につながると思われる。

CAI では、前距腓靭帯や踵腓靭帯などの組織損傷の結果として、病理機械的障害や運動行動障害、感覚・知覚障害などの種々の障害が生じ、これらに個人・環境要因が加わり、足関節捻挫や Giving-way を繰り返すと考えられている<sup>3)</sup>。(図 1) CAI に対する治療の第一選択は保存療法であり、補装具療法を含めた保存療法が関節キネマティクスの正常化や関節軟骨へのストレス軽減につながれ

(2022/09/30 受付)

連絡先 : 小林 匠 〒066-0055 北海道千歳市里美  
2-10 北海道千歳リハビリテーション大学  
TEL : 0123-28-5331 FAX : 0123-28-5335  
E-mail アドレス : kobataku@chitose-reha.ac.jp



本レビューでは、太枠内に示される各障害に対して、補装具がどのような効果を示すかについて検討した。

ば、将来的な足 OA の発症予防に有効であると考えられる。本レビューでは、CAI の病態に対する足関節装具やテーピング、足底挿板などの補装具の効果に関して、現状の科学的知見を整理することを目的とする。

### 文献検索

文献検索エンジンには PubMed を用いた。2022 年 8 月 25 日時点において、“orthoses OR orthosis OR insole OR brace” AND (“ankle instability” OR “ankle osteoarthritis”) の検索式にてヒットした論文は 603 編であり、そのうち CAI および足 OA を対象に補装具の効果を検証したランダム化比較試験 (randomized control trial : RCT) もしくは臨床試験は 40 編であった。(表 1)

#### CAI に対する足関節装具・テーピングの効果

足関節装具やテーピングによる関節不安定性の

表 1. 文献検索結果 (2022.8.25 時点)

	検索式	結果
#1	orthoses OR orthosis OR insole OR brace	27,859
#2	ankle instability	5,322
#3	ankle osteoarthritis	4,049
#4	#1 AND (#2 OR #3)	603

制動は、CAI における病理機械的障害に対して一定の効果を示している。CAI 症例を対象に立位で足関節を急激に内がえし強制した際の足関節内がえし角度を測定した研究では、軟性装具の着用によって足関節内がえし角度が有意に減少することが示された<sup>4)</sup>。同じく CAI 症例を対象に歩行を模した準静的課題における距骨下関節キネマティクスを 3D-to-2D registration 法によって検証した研究では、軟性装具の装着によって動作課題中の距骨下関節の内・外がえし運動が、裸足の場合と比較して有意に減少することが示された<sup>5)</sup>。



複数の研究によって、足関節装具やテーピングがCAIにおける運動パターンの変化やバランス能力の低下といった運動行動障害に及ぼす影響も検討されている。CAI患者のランニング動作を三次元解析した研究では、伸縮性サポーターの着用で足関節キネマティクスに変化が生じるかが検証された。その結果、伸縮性サポーターの着用によってランニング立脚相における足関節底屈角度の減少を認めたものの、前額面運動への有意な変化は観察されなかった<sup>6)</sup>。一方、CAIにおけるバランス能力の改善に対する足関節装具およびテーピングの効果については否定的な見解が示されている。CAI症例の動的バランス能力に対する補装具の効果を検証した21論文を対象としたネットワークメタアナリシスでは、足関節装具・テーピングともにCAIの動的バランス能力の改善に有意な効果を示さないと結論づけられた<sup>7)</sup>。なお、この研究ではCAIの動的バランス能力の低下に対して最も効果量の高いStar excursion balance testの後内方リーチ距離(SEBT-PM)をアウトカムとした論文のみを対象としている点に留意したい。また、CAI症例の動的バランス能力(SEBT)およびジャンプ距離に対するキネシオテープの効果を検証した84論文を対象としたメタアナリシスにおいても、キネシオテープによるCAI症例の動的バランス・ジャンプ距離改善への有意な効果は示されなかった<sup>8)</sup>。

本レビューにおいて、CAIの感覚・知覚障害に対する足関節装具・テーピングの直接的な効果を証明した論文は渉猟し得なかった。しかし、足関節装具の装着は、足関節捻挫再発予防に対して効果的であるとするRCTが散見される。足関節捻挫既往者384名を対象としたRCTでは、対象者を神経筋トレーニング群・ブレース群・混合群の3群に割り付け、8週間の介入による再発予防効果が12ヶ月間観察された。その結果、ブレース群および混合群は神経筋トレーニング群と比べて足関節捻挫再発リスクが低かった(リスク比;ブレース群0.52・混合群0.71)<sup>9)</sup>。これらの結果などから、

足関節装具は足関節の可動域制限だけでなく、足関節捻挫によって障害される神経筋コントロールを補助する役割を担っているのではないかと考察されている<sup>10)</sup>。

以上より、足関節装具やテーピングは、CAI症例における関節安定性を向上させることで、不安定感や神経筋コントロールなどの感覚・知覚障害に働きかけ、足関節捻挫の再発リスクを低減させるのではないかと推測される。この再発リスクの低減は、将来的な足OAへの進行を抑制すると思われる。

### CAIに対する足底挿板の効果

CAIの病態に対する足底挿板の効果に関しての科学的知見は非常に限定的であり、本レビューにおいてCAIの病理機械的障害に対する足底挿板の効果を検証した論文は渉猟し得なかった。

CAIの運動行動障害に対する足底挿板の効果を検証した論文は散見される。足関節不安定者25名を対象に歩行時の膝・距骨下関節の関節角度および関節モーメントを観察した研究では、外側ウェッジ(6度)の挿入によって関節角度に有意な変化は認めなかったものの、有意な膝内転モーメントの減少と距骨下関節外反モーメントの増加を認めた<sup>11)</sup>。また、CAI症例26名を対象にカスタムインソールが歩行や片脚ドロップジャンプ着地時の下肢筋活動へ及ぼす影響を観察した研究では、歩行時の長腓骨筋や腓腹筋内側頭の筋活動に有意な変化は認めなかったものの、ドロップジャンプ着地後の前脛骨筋活動量の有意な減少を認めた<sup>12)</sup>。同じくCAI症例に対するカスタムインソールが、下肢筋活動の開始時間を早めるとする報告<sup>13)</sup>も存在し、足底挿板がCAI症例の下肢筋活動に有益な効果をもたらす可能性は高いと推測される。一方、足関節装具やテーピングと同様に、足底挿板もCAI症例の動的バランス能力(SEBT-PM)の改善に有意な効果を認めないことがネットワークメタアナリシスによって示されており<sup>7)</sup>、足底挿板がCAI症例の運動行動障害に及ぼす効

果は限定的であると推測される。

本レビューでは、CAIの感覚・知覚障害に対する足底挿板の効果に関する知見も得られなかった。一方で、CAI症例に対する保存療法の効果を検証したいいくつかのシステマティックレビューにおいて、足底挿板による足部アーチの適合化とそれに伴う足底感覚の強化が神経筋コントロールを補い、神経筋トレーニングの効果を最適化させる可能性があると考えられている<sup>7)14)</sup>。

以上より、足底挿板はCAI症例の足部アーチの適合化と足底感覚の改善によって、足部・足関節周囲機能を変化させることで、間接的に関節軟骨への負荷を軽減させている可能性が推測される。今後、足底挿板による関節軟骨への負荷軽減が証明されれば、将来的な足OA進行の抑制への足底挿板の効果も示されるかもしれない。しかしながら、複数の論文によって、CAI症例と健常者で足部内在筋の筋断面積に有意差を認めないことや<sup>15)</sup>、CAI症例の足部アーチ高に特徴を認めないこと<sup>16)</sup>、CAI症例の足部アライメントに一定の傾向を認めないこと<sup>17)</sup>などが報告されている。そのため、今後は個々の症例の足部アライメントの特徴の評価結果から、CAI症例の足部アライメントをいくつかのパターンに分類することが必要だと考える。その上で、足部パターンに応じたカスタムインソールの適応とその効果検証を継続していくことで、CAIに対する足底挿板の適用と作用機序が解明されていくと思われる。

## 結 語

CAIは足OAの発症リスクを高めるため、効率的な治療法・再発予防法の考案・開発は急務の課題である。足関節装具やテーピングは、主にCAIにおける病理機械的障害に作用することで、神経筋コントロールを改善させ、足関節捻挫再発予防に効果を示すと推測される。足底挿板はCAIにおける感覚・知覚障害に作用することで、足関節機能を改善させ、関節軟骨への負荷を軽減させる可能性が推測される。しかし、いずれの補装具療法

についても、その効果に関する科学的知見は非常に少ないため、今後さらなる研究が必要である。

## 文 献

- 1) Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, et al. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clinical orthopaedics and related research* 2009; 467 (7) : 1800-6.
- 2) Lee S, Song K, Lee SY. Epidemiological study of post-traumatic ankle osteoarthritis after ankle sprain in 195,393 individuals over middle age using the National Health Insurance Database: A retrospective design. *J Sci Med Sport* 2022; 25 (2) : 129-33.
- 3) Hertel J, Corbett RO. An Updated Model of Chronic Ankle Instability. *J Athl Train* 2019.
- 4) Agres AN, Chrysanthou M, Raffalt PC. The Effect of Ankle Bracing on Kinematics in Simulated Sprain and Drop Landings: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Am J Sports Med* 2019; 47 (6) : 1480-7.
- 5) Zhang G, Cao S, Wang C, et al. Effect of a Semirigid Ankle Brace on the In Vivo Kinematics of Patients with Functional Ankle Instability during the Stance Phase of Walking. *BioMed research international* 2019; 2019 : 4398469.
- 6) Stotz A, John C, Gmachowski J, et al. Effects of elastic ankle support on running ankle kinematics in individuals with chronic ankle instability and healthy controls. *Gait Posture* 2021; 87 : 149-55.
- 7) Tsikopoulos K, Sidiropoulos K, Kitridis D, et al. Do External Supports Improve Dynamic Balance in Patients with Chronic Ankle Instability? A Network Meta-analysis. *Clinical orthopaedics and related research* 2020; 478 (2) : 359-77.
- 8) Nunes GS, Feldkircher JM, Tessarin BM, et al. Kinesio taping does not improve ankle functional or performance in people with or without ankle injuries: Systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2021; 35 (2) : 182-9.
- 9) Janssen KW, van Mechelen W, Verhagen EA. Bracing superior to neuromuscular training for the prevention of self-reported recurrent ankle sprains: a three-arm randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2014; 48 (16) : 1235-9.
- 10) Verhagen EA, Bay K. Optimising ankle sprain prevention: a critical review and practical appraisal of the literature. *Br J Sports Med* 2010; 44 (15) : 1082-8.
- 11) Kakihana W, Torii S, Akai M, et al. Effect of a lateral wedge on joint moments during gait in subjects with recurrent ankle sprain. *Am J Phys Med Rehabil* 2005; 84 (11) : 858-64.
- 12) Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, et al. Effects

- of foot orthoses on walking and jump landing biomechanics of individuals with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport* 2019 ; 40 : 53-8.
- 13) Dingenen B, Peeraer L, Deschamps K, et al. Muscle-Activation Onset Times With Shoes and Foot Orthoses in Participants With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train* 2015 ; 50 (7) : 688-96.
- 14) Doherty C, Bleakley C, Delahunt E, et al. Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain : an overview of systematic reviews with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2017 ; 51 (2) : 113-25.
- 15) Fraser JJ, Koldenhoven R, Hertel J. Ultrasound Measures of Intrinsic Foot Muscle Size and Activation Following Lateral Ankle Sprain and Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil* 2021 : 1-11.
- 16) Kobayashi T, Takabayashi T, Kudo S, et al. The prevalence of chronic ankle instability and its relationship to foot arch characteristics in female collegiate athletes. *Phys Ther Sport* 2020 ; 46 : 162-8.
- 17) Kobayashi T, Koshino Y, Miki T. Abnormalities of foot and ankle alignment in individuals with chronic ankle instability : a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2021 ; 22 (1) : 683.

# 下腿および足部体積の日内変動と歩行が体積に与える影響

## Circadian variation in lower limb and foot volume and the effect of walking on these volume

広島大学大学院医系科学研究科

Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University

浦辺 幸夫, 江崎ひなた, 石田 礼乃, 黒田 彩世  
Yukio Urabe, Hinata Esaki, Ayano Ishida, Sayo Kuroda

**Key words** : 下腿体積 (lower leg volume), 日内変動 (diurnal variation), 歩行 (walking),  
下腿形態 (lower leg morphology)

### 要 旨

健康成人男女17名を対象に、下腿および足部体積の日内変動と歩行が下腿および足部体積に及ぼす影響を検討した。朝、夕、歩行後の下腿周径と下腿体積を測定した。午前と比較して夕方の下腿周径は5.0mm (1.3%)、下腿体積は、88.9ml (3.4%) 有意に増加した ( $p < 0.01$ )。歩行前と比較して、歩行後の下腿周径は3.0mm (0.9%)、下腿体積は87.9ml (3.5%) 有意に低値を示した ( $p < 0.01$ )。30分間の歩行によって、午前から夕方にかけて生じた下腿のむくみが改善する可能性が示された。この研究は下腿のむくみの改善のエビデンス構築に加え、健康増進の一助になると考えられる。

### 緒 言

下腿のむくみ (lower leg swelling) は、腎疾患患者や心疾患患者のみならず、健康成人の日常生活においても確認され、概日リズムの変化に依存

することが報告されている<sup>1)</sup>。健康者の下腿には座位または立位姿勢で作業を行った後、夕方にかけて下腿にむくみが生じることがあり、このむくみはほとんどが無症状で、一晩で消失する<sup>2)</sup>。下腿のむくみの測定方法には、下腿周径と下腿・足部体積の測定が用いられる。下腿周径はテープメジャーを使用し、下腿最大膨隆部にて計測することが一般的である。この方法は簡便であるのに対し、測定の際のばらつきが大きく測定箇所も局所的であるため、むくみの詳細な変化を検出することが困難である<sup>3)</sup>。下腿・足部体積の測定は水槽排水法にて行われる。水槽排水法とはアルキメデスの原理を用い下肢を水槽に入れ溢れ出た水の重量を測定する方法で、下腿のむくみに対する検査のゴールドスタンダードである。

下腿のむくみの改善方法では、弾性ストッキングの着用があげられ、これはむくみに対して基本的な治療法である。臨床現場で使用される伸縮性のある衣服で、段階的に圧をかけ静脈還流を増やすことが可能であり、下腿のむくみが軽減させることが報告されている<sup>4)</sup>。また、歩行や運動療法も軽減方法としてあげられる。歩行によって下腿の筋が収縮や弛緩を繰り返すことで、立位姿勢で生じる筋疲労や下腿のむくみを減少させることが可

(2022/11/01 受付)

連絡先：浦辺 幸夫 〒734-8551 広島県広島市南区霞  
1-2-3 広島大学大学院医系科学研究科  
TEL : 082-257-5405 (浦辺 幸夫 : 090-1015-  
4586) FAX : 082-257-5344  
E-mail : yurabe@hiroshima-u.ac.jp



図 1. 下腿周径の測定方法

能であると報告されているが<sup>9)</sup>, 夕方に生じる下腿のむくみの対処法に歩行が有効であるかは不明である.

そこで本研究は, 下腿周径や下腿・足部体積の日内変動と歩行が及ぼす影響を確認することを目的とした. 仮説は下腿周径や下腿・足部体積は午前と比較して夕方に増加し, 歩行後に減少することとした.

## 方 法

対象は健康成人 17 名 (男性 8 名: 年齢  $22.8 \pm 0.3$  歳, BMI  $22.7 \pm 2.0 \text{ kg/m}^2$ , 女性 9 名: 年齢  $22.3 \pm 0.7$  歳, BMI  $20.5 \pm 0.9 \text{ kg/m}^2$ ) とした. 除外基準は, 下肢に静脈系疾患の既往および手術歴のある者とした.

測定項目は下腿周径と下腿・足部体積とし, 9 時と 17 時の測定によって下腿・足部体積の日内変動を確認した. また, 歩行による効果を確認するために, 17 時の測定後に 30 分間の自由歩行を行い, 歩行後に各測定項目を再度測定した. なお, 17 時の測定前に 2 時間以上の座位姿勢を取るよう指示した. 歩行前の値を夕方の値とみなした.

下腿周径は, 図 1 に示すように背臥位にて膝関節を  $90^\circ$  屈曲位とし下腿の最大膨隆部にて計測を行った. 下腿周径の測定に精通した 1 人の検者が 3 回測定を行い, 3 回の平均値を算出し, 代表値と



図 2. 特製の水槽を用いた下腿・足部体積の測定方法

した. 下腿・足部体積の測定には, 図 2 に示すように水槽排水法を用いた. 水槽排水法とは, アルキメデスの原理を利用して, 満水の水槽の中に下腿を沈め, 溢れ出た水の重量を計測する方法である<sup>6)</sup>. ポリエスチレン製の容器 (高さ: 47.0cm, 幅: 18.0cm, 奥行き: 32.0cm) に排水用の管を取り付けた特製の水槽を使用し, 端坐位にて腓骨頭を中心までを静かに水に入れ測定を行った. 容器から溢れ出た水の重量 1.0g を体積 1.0ml として, 水の重量 (g) をデジタルはかり (Keegoo 社) を使用して 1 回計測を行い, 下腿体積とした. 下腿・足部体積の測定は同一検者が 1 回実施した.

統計学的解析には, 統計ソフト SPSS Statistic for Windows (International Business Machines 社) を使用した. Shapiro-Wilk 検定で正規性を確認したのち, 各時点の下腿周径や下腿・足部体積の比較に反復測定分散分析, 事後検定に Bonferroni 法を用いた. 有意水準は 5% とした.

## 結 果

各時点での下腿周径の比較を図 3, 下腿体・足部体積の比較を図 4 に示す.

午前と比較して夕方の下腿周径は 5.0mm (1.3%), 下腿・足部体積は, 88.9ml (3.4%) 有意に増加した ( $p < 0.01$ ). 歩行前と比較して, 歩行

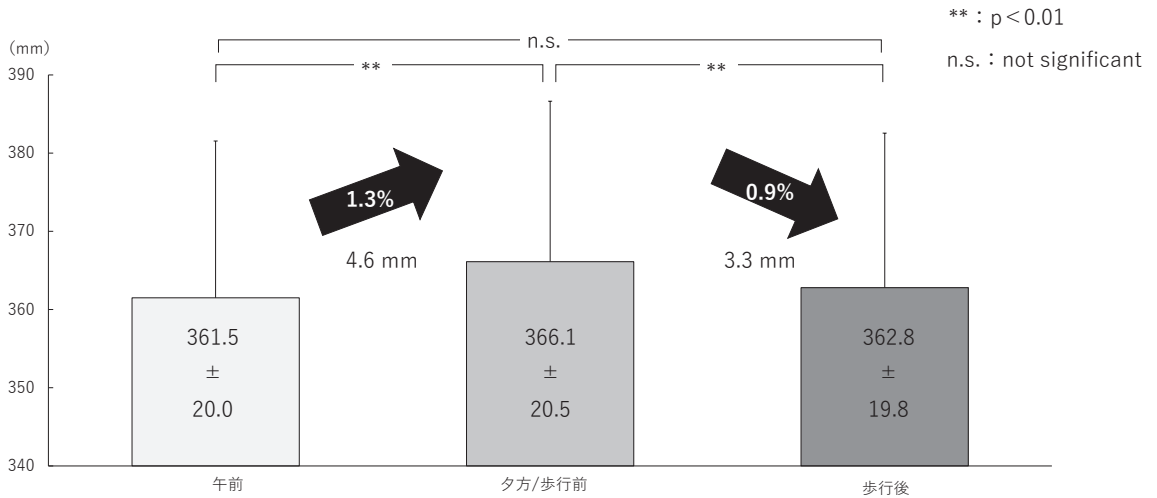


図 3. 各時点での下腿周径の比較

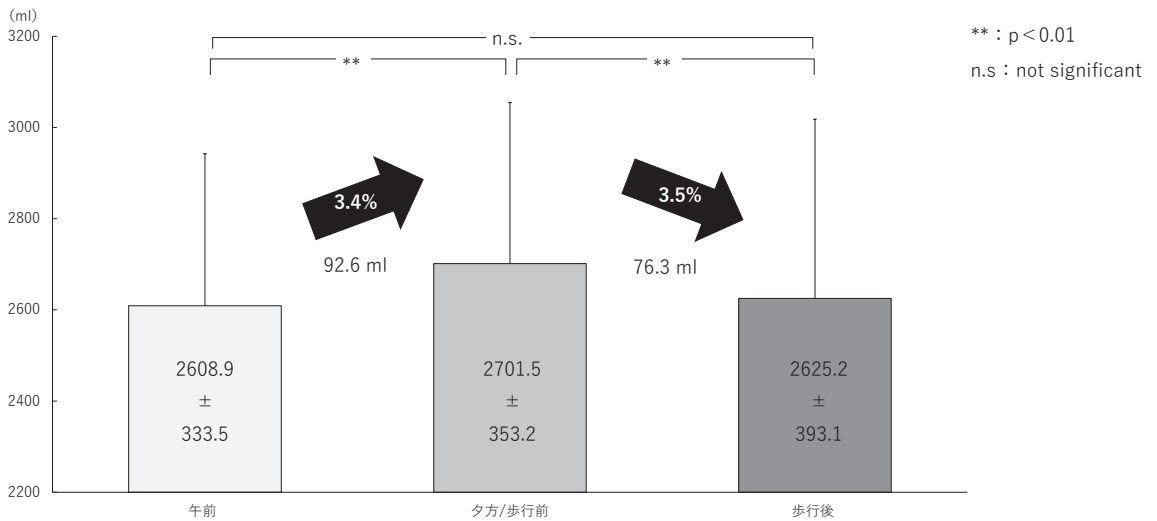


図 4. 各時点での下腿・足部体積の比較

後の下腿周径は 3.0 mm (0.9%), 下腿・足部体積は 87.9ml (3.5%) 有意に低値を示した ( $p < 0.01$ ). 午前と歩行後の下腿周径と下腿・足部体積の比較では、有意な差はなくなった ( $p = 0.99$ ).

### 考 察

本研究では、下腿・足部体積の日内変動と、歩行が下腿・足部体積に及ぼす影響を調査した。午前と比較して夕方に下腿周径は 1.3%, 下腿・足部

体積は 3.4% 増加していた。また、歩行後には歩行前と比較して、下腿周径は 0.9%, 下腿・足部体積は 3.5% 減少し、午前の下腿周径や下腿・足部体積に戻るといった結果になった。

下肢は心臓より下に位置するため、重力によって体液が滞ってしまうために下肢のむくみが生じやすくなることや、むくみの発生は概日リズムの変化に依存することが報告されている<sup>1)</sup>。さらに、長時間の座位姿勢では下肢の微小血管拡張機能な

どの血管機能不全が生じることがいわれている<sup>7)</sup>。したがって、日常生活における座位姿勢は、下腿周径や下腿・足部体積の日内変動に影響を及ぼすことが予想される。健康成人女性の下腿周径を午前と夕方と比較した報告では、午前から夕方にかけて下腿周径が1.4%増加したことが報告されている<sup>8)</sup>。下腿・足部体積については、医療従事者の下腿体積を午前と夕方と比較した先行研究では、下腿体積は3.5%夕方に増加したことが報告されている<sup>2)</sup>。本研究の各測定項目の変化率は下腿周径が1.3%、下腿・足部体積が3.4%であったことから、先行研究と同様の結果が得られ、健康成人における日内変動は下腿周径が約1.3%、下腿・足部体積が約3.4~3.5%の変化率が生理的反応であると考えられる。

下腿のむくみの改善には、下腿の筋の自発的な動的活性化や静脈圧が重要であるといわれている<sup>9)</sup>。歩行動作は下腿の筋活動を生じ、下腿の筋ポンプ作用を活性化することが報告されている<sup>9)</sup>。さらに、筋ポンプ作用が機能することで下腿の静脈圧が低下し、下腿の静脈還流量が増加するとされている<sup>10)</sup>。したがって、歩行によって筋ポンプ作用が機能し、下腿に貯留した体液の循環が促進され、下腿・足部体積が減少したと考えられる。

本研究の結果から、30分間の歩行によって午前から夕方にかけて生じた下腿のむくみが改善する可能性が示された。歩行は毎日実施する動作で健康増進のためにも簡単に行うことができる。この研究は下腿のむくみ改善のエビデンス構築に加え、健康増進の一助になると考えられる。

本研究では、下腿や足部の体水分量を測定していないことが限界点としてあげられる。また、水槽排水法で測定した下腿・足部体積は足部体積も含んでおり、下腿と足部の体積を分けて測定できていないことから、体水分の変化や下腿や足部のそれぞれに歩行が与えた影響は不明である。足部

周径も測定できていない。今後は、体水分や下腿と足部のそれぞれの体積や周径を測定することで、歩行がそれぞれに与える影響を明らかにしたい。

## 結 語

1. 午前と夕方、歩行後の計3回、下腿周径と下腿・足部体積を測定した。
2. 下腿周径と下腿・足部体積は、午前と比較して夕方に増加していた。
3. 歩行後の下腿周径と下腿・足部体積は歩行前と比較して減少し、午前の値に戻っていた。

## 文 献

- 1) 内山 聖. 臨床検査のガイドライン 2005/2006. 日本臨床検査医学会 2006 ; 1 : 14-19.
- 2) Belczak CE, de Godoy JM, Ramos RN, et al. Rate of occupational leg swelling is greater in the morning than in the afternoon. *Phlebology* 2009 ; 24 : 21-5.
- 3) 渡邊瑠音, 斎藤彩花, 小笠原悠人, 他. 水置換法で測定した下腿容量の測定精度と浮腫の評価. *理学療法科学* 2019 ; 34 : 823-6.
- 4) 平井正文, 岩田博英, 新美清章, 他. 下肢浮腫の疫学と弾性ストッキングとくに足部の浮腫について一. *静脈学* 2011 ; 22 : 39-45.
- 5) Wall R, Garcia G, Läubli T, Seibt R, et al. Physiological changes during prolonged standing and walking considering age, gender and standing work experience. *Ergonomics* Epub 2020 ; 63 : 579-92.
- 6) 廣重陽介, 榎並彩子, 浦辺幸夫, 他. 足部および足関節の体積測定信頼性と左右差に関する研究. *アスレティック・リハビリテーション* 2010 ; 7 : 53-6.
- 7) Restaino RM, Holwerda SW, Credeur DP, et al. Impact of prolonged sitting on lower and upper limb micro- and macrovascular dilator function. *Exp Physiol* 2015 ; 100 : 829-38.
- 8) 嶋田 卓, 大森秋桜, 藤田英二, 他. 成人女性における下腿周径と下腿筋硬度の日内変動. *東京体育学研究* 2016 ; 8 : 27-32.
- 9) 斎藤誠二, 村木里志. 長時間歩行および立位姿勢中の下肢のむくみに起因する不快感に関する研究. *バイオメカニズム学会誌* 2016 ; 40 : 121-9.
- 10) 西保 岳, 池上晴夫. 筋ポンプが血液循環動態に及ぼす影響. *体力科学* 1985 ; 34 : 167-75.

## 前足部と後足部の摩擦係数, ヤング率についての検討

# Relationship between vertical reaction force and plantar surface friction coefficient distribution

<sup>1)</sup>上高田ちは整形外科・小児科 リハビリテーション科

<sup>2)</sup>文京学院大学大学院 保健医療科学研究科

<sup>1)</sup>Department of Rehabilitation, Kamitakada Chiba Orthopedic Pediatrics

<sup>2)</sup>Health Care Science, Graduate School, Bunkyo Gakuin University

駒木 尊裕<sup>1)</sup>, 福井 勉<sup>2)</sup>

Takahiro Komaki<sup>1)</sup>, Tsutomu Fukui<sup>2)</sup>

**Key words** : 摩擦係数 (Friction coefficient), 垂直抗力 (Normal force), 足底 (Plantar), ヤング率 (Young's modulus), 歩行 (Gait)

### 要 旨

本研究の目的は、足底皮膚の力学的特性を確認し、歩行時に生じる床反力との関連性を検討する事である。前足部と後足部で水平分力を摩擦力と捉え、摩擦力に影響を与える摩擦係数、ヤング率を分析した。その結果、摩擦係数は前、後足部ともに前方に大きく、ヤング率は前足部後方に大きく、後足部前方に大きかった。前足部、後足部の足底皮膚は前方へ滑りにくい事や、歩行中床反力に抵抗する組織としての組織特徴を有していた。

### 緒 言

足底は、地面に接する唯一の身体部位で、歩行立脚期では床反力を受ける。床反力前後成分は足底と床面との間で摩擦力として、立脚期前半では後足部で後方、立脚期後半では前足部で前方に作

用する。すなわち、歩行中の摩擦力が足部に与える影響は前足部と後足部で異なる。摩擦に関する研究としては、人の指の摩擦から手指荷重域、指の角度、滑走方向の違い<sup>1)</sup>等の生体力学的研究が施行されてきた。歩行研究としては、滑り路面を歩き、床反力計測やモーショキャプチャーを用いて摩擦係数等の計測した報告<sup>2)</sup>があるものの、歩行と摩擦の関連を調査した研究は少ない。また、滑りや転倒に至る危険な状況は、踵接地期では前方、つま先離地期では後方に発生する<sup>3)</sup>とされ、摩擦力の作用が少ない事によるものと考えられる。

歩行中の床反力の前後および左右分力は、摩擦力ととらえられ、踵接地期の後足部やつま先離地期の前足部は、常に一定方向に摩擦力を受ける<sup>4)</sup>。その上で、足底部皮膚が異なる素材との間に生ずる摩擦力の大きさや変形の特徴について部位ごとに検討する必要があるのではないかと考えた。

そこで本研究では足底の摩擦力に影響を与える摩擦係数および変形度合をヤング率で算出し、皮膚の力学的特性を把握する事、また歩行中の摩擦力のなかでも、内外側成分より大きい<sup>5)</sup>前後成分に着目し、歩行との関連性を検討する事を目的とし

(2022/10/12 受付)

連絡先：駒木 尊裕 〒164-0002 東京都中野区上高田  
1-8-13 上高田ちは整形外科・小児科 リハビリ  
テーション科  
TEL : 03-3228-1555 FAX : 03-3228-1556  
E-mail : t.komaki.1518@gmail.com





図 1. YAWASA Slide Touch



図 2. 計測機器

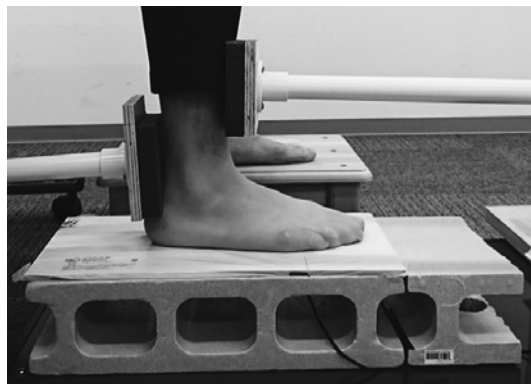


図 3. 計測風景

た。

## 対象と方法

### 1. 対象

対象は健常男性のみ 15 名とした。被験者は、平均年齢  $27.1 \pm 3.5$  歳、平均身長  $171.9 \pm 4.9$ cm、平均体重  $66.6 \pm 8.4$ kg であった。

### 2. 計測手順

本研究では、摩擦係数  $\mu$  とヤング率  $E$  の計測に弾力検出器 YAWASA Slide Touch YST-5A (テック技販) を用いた。

YAWASA Slide Touch は、剛体と見做せる直径 10mm の球プローブ (圧子) のついたセンサを対象の素材へ押し込む事によって、押し込み量とそ  
の際の荷重量から Young 率を計測でき、せん断方向に滑らす事で摩擦係数の計測可能な機器である。(図 1)

発泡スチロール製のブロックをくり抜いてセンサ部分を埋め込み、センサ部分以外をビニールシートで覆ったベニア板を自作した。ビニールシートはセンサ部以外の摩擦力を極力小さくするために用いた。計測の際には、足底とセンサの接触面が維持できるようにセンサを一定速度で移動させる必要性から、等速度で移動する外乱発生装置 (内田電子) を用いた。サンプリング周波数は 100Hz とした。(図 2)

接触床面の動作特性を確認するために、床面端 4 か所にマーカーを貼付し、3 次元動作解析装置を用いて変位・速度・加速度を算出した。低域遮断周波数は 5Hz に設定し等速度を確認した。

計測肢位は端坐位とし、骨盤前後傾中間位、膝関節  $90^\circ$  屈曲位、内外旋中間位、足関節  $0^\circ$  とした。計測機器の上で図 3 のように下腿に動きが生じないように下腿遠位部を固定した。

摩擦係数計測時には垂直抗力 (以下  $F_z$ ) が一定である必要性から被験者に  $F_z$  の大きさを「値を一定に」するフィードバックトレーニングを計測前に十分に練習を行った。また計測時には各計測値の変動係数を算出し、 $Cv = \frac{SD}{M}$  ( $Cv$ : 変動係数,  $SD$ : 標準偏差,  $M$ : 平均値) 0.2 以上となる施行を除外するものとした。

接触計測部位の骨ランドマーク確認には超音波診断装置 MylabFive (株式会社日立メディコ) を用いた。超音波診断装置を用いて踵骨内側突起、

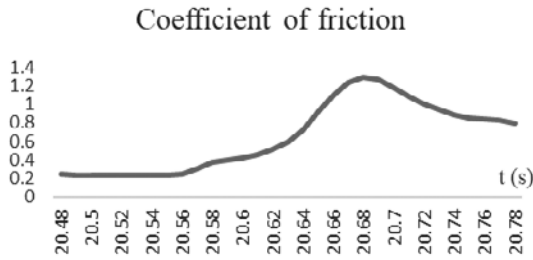


図 4. 摩擦係数

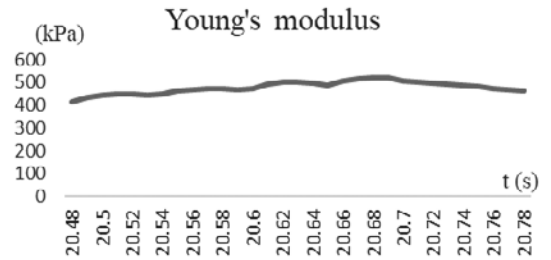


図 5. ヤング率

表 1. 摩擦係数, ヤング率の前後比較 (平均値と標準偏差)

	forefoot		hindfoot	
	forward	backward	forward	backward
Friction of coefficient	1.85 ± 0.53	1.37 ± 0.40	0.98 ± 0.19	0.89 ± 0.17
Young's modulus [kPa]	2.76 ± 0.50	4.27 ± 1.21	20.77 ± 6.40	18.83 ± 7.76

\*\* :  $p < 0.01$ \* :  $p < 0.05$ 

第2中足骨頭底側面をそれぞれ後足部, 前足部と定義し, 計測機器中央部が接触するように皮膚上にマークした。

計測中は被験者の肢位を一定に確保し,  $F_z$  の変化が可及的に小さくなるように被験者に指示した。計測肢のみストッキングを履かせ, 後足部・前足部に該当する部位に直径 1 cm の穴を開け, 皮膚上にマークした部位を中央に合わせ, 圧子を当てセットした。圧子位置を露出した皮膚部分の端に合わせた後に外乱発生装置を動かし, 床面接触位置が外乱発生装置の前後移動の際にずれないように計測ごとに確認し計測を行った。(図3)

本研究は文京学院大学倫理審査委員会の承認を得た後, 被験者に対して, 同意を得た(承認番号: 2019-0008)。

### 3. データ解析手順

計測変数は摩擦係数  $\mu$  およびヤング率  $E$  とした。足底皮膚の形状から, 両変数は最大値に加え, 最大値前後 10 フレームを積分, 平均したものをを用い計測は 3 回行った。ヤング率算出に関しても摩

擦係数と同様積分後の平均値を用いた。(図4, 5)

接触面に対して, 前足部が前方に移動させられる際の摩擦係数を Forefoot Forward  $\mu$  (: FF $\mu$ ), 後方に移動させられる際の摩擦係数を Forefoot Backward  $\mu$  (: FB $\mu$ ) とした。同様に後足部前方摩擦係数を Hindfoot Forward  $\mu$  (: HF $\mu$ ), 後足部後方摩擦係数を Hindfoot Backward  $\mu$  (: HB $\mu$ ), と名付けた。

### 4. 統計学的解析

摩擦係数, ヤング率についての統計学的検定には, 正規性が認められた場合には対応のある  $t$  検定, 正規性が認められなければ Wilcoxon の符号付順位検定を用い, 前足部の前後, 後足部の前後の変数について差の検定を行った。また前足部, 後足部の違いを同方向ごとに同様に比較を行った。

### 結 果

FF $\mu$  は FB $\mu$  に対して有意に大きく ( $p < 0.01$ ), HF $\mu$  も HB $\mu$  に対し, 有意に大きかった ( $p < 0.01$ )。(表 1)

ヤング率は前足部が前方に対して、後方で大きく ( $p < 0.01$ )、後足部では後方に対し前方で大きかった ( $p < 0.05$ )。

## 考 察

本研究では、足底を前足部と後足部に分け、各部位の前後方向の摩擦係数、ヤング率を算出した。前足部と後足部ともに皮膚が接触板に対して前方へ動かされる時の摩擦係数が大きかった。摩擦係数を皮膚の素材指標と捉えると、足底皮膚の前足部と後足部は、骨に対して前方に滑りにくく、後方に滑りやすい素材であると捉える事ができる。

これらより、人の歩行動作が前進運動であるという基本的な事実に環境対応しているのではないかと考えた。通常の歩行運動における身体重心の挙動は単脚支持期で左右に移動するものの、前方に移動する目的が大きい。歩行立脚初期に片脚が後方への床反力を受ける時期には、反対脚は前方への床反力を受ける。この相反した力学挙動に対応して、より効率的な歩行を行うために前方方向への摩擦を大きくしているのではないかと推測した。

またヤング率と歩行時床反力の前後成分との関係から、前足部では前方へ変形しやすく後方へ変形しにくい、後足部では逆に前方に変形しにくく後方へ変形しやすい、という結果を得た。Initial Contact から Loading Response 時の床反力後方成分<sup>6)</sup>に対して後足部皮膚は皮下褥もあるため変形を受容しやすく、また同様に Terminal Stance 時の前足部皮膚は前方成分に作用する摩擦力を大きい変形で適応していると考えられる。皮膚には機械受容器が豊富であり、皮膚の変形特性が床反力に対応する事で機械受容器の感度を上げ、視覚や迷路からとともに身体制御の重要な入力機能を果たしているのではないかと考えられた。前足部床面が前方へ等速運動した際に滑りにくく、変形もしやすかった事から、前方に進む場合に最も重要であると考えられる立脚期後半に対応するために、前足部荷重時には変形をさせて接地面を増

やし<sup>7)</sup>、皮膚抵抗を増大させる事で滑りにくい構成を作り、体重移動を行う特性があるのではないかと考えられた。

本研究のように床面に垂直となるように下腿を乗せた条件下であっても、足底皮膚と接触面の間の摩擦係数、ヤング率ともに差が認められたが、摩擦は関節角度の影響を受ける<sup>1)</sup>とされている。床面に対する角度が小さければ摩擦は高まり、滑りを抑制する方向へと作用する。前述のように、人の移動は主に前方である事から、前方への移動に適応するために足底皮膚は前方に滑りにくい特性を持つと推測されたが移動に適応するため、足底の各部位に立脚期ごとに変化する接触すべき部位があり、その部位に荷重が加わる事で  $F_z$  が適切に調整され、安定し正しく荷重を行えるのではないかと推測される。

床面と靴、靴と靴下、靴下と裸足の間で生ずる剪断力を含んで日常生活は成り立っている。歩行中に生じるこの剪断力は、その最大値のような特性で対応しているだけでなく、また、それら空間的要素に加え、時間的要素が付加された複雑な環境適応がされている可能性が高いのではないかと考えられた。

本研究の限界として、計測機器の垂直荷重が5N以下という制限のため立位や歩行時の計測を行うには至らなかった。今後歩行時床反力と同程度の大きさの比較で検討していきたい。

## 結 語

足底の皮膚特性について、摩擦係数  $\mu$ ・ヤング率  $E$  を算出した。

接触面に対して、前足部が前方に移動させられる際の摩擦係数  $\mu$  を Forefoot Forward  $\mu$  ( : FF $\mu$ )、後方に移動させられる際の摩擦係数を Forefoot Backward  $\mu$  ( : FB $\mu$ ) とした。同様に後足部前方摩擦係数を Hindfoot Forward  $\mu$  ( : HF $\mu$ )、後足部後方摩擦係数を Hindfoot Backward  $\mu$  ( : HB $\mu$ )、と名付けた。

摩擦係数  $\mu$  は、前足部が前方に移動させられる

際の摩擦係数 (FF $\mu$ ) が後方に移動させられる際のそれ (FB $\mu$ ) より大きく, 後足部が前方に移動させられる際の摩擦係数 (HF $\mu$ ) が後方に移動させられる際のそれ (HB $\mu$ ) より大きかった. 前足部および後足部の足底面の皮膚は前方へ滑りにくかった.

ヤング率の前後比較では前足部で前方に, 後足部で後方に変形しやすく, 歩行中の床反力を受容する特性となっており力の方向と皮膚表面の変形しやすさには関連があると考えた.

#### 文 献

- 1) 嶋田明広, 韓 鉉庸, 川村貞夫. 人間の手指の摩擦特性の解析. 計測自動制御学会論文集 1996 ; 32 : 1581-7.
- 2) Cham R, Redfern MS. Changes in gait when anticipating slippery floors. *Gait and Posture* 2002 ; 15 : 159-71.
- 3) Myung R. Use of backward slip to predict falls in friction test protocols. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2003 ; 32 : 319-29.
- 4) 山本澄子. 身体運動のバイオメカニクス. 理学療法科学 2003 ; 18 (3) : 109-14.
- 5) Yavuza M, Botek G, Davis BL. Plantar shear stress distributions : Comparing actual and predicted frictional forces at the foot-ground interface. *Journal of Biomechanics* 2007 ; 40 : 3045-9.
- 6) Stucke S, McFarland D, Goss L, et al. Spatial relationships between shearing stresses and pressure on the plantar skin surface during gait. *Journal of Biomechanics* 2012 ; 45 : 619-22.
- 7) Buldta AK, Forghany S, Landorf KB, et al. Foot posture is associated with plantar pressure during gait : A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture* 2018 ; 62 : 235-40.

# 距骨下関節の可動性抑制テーピングが 立脚期時間と足圧中心へ及ぼす影響

## The Effect of sub-talar joint mobility suppression taping on stance phase time and Center of Pressure

船橋整形外科市川クリニック 理学診療部

Funabashi Orthopaedic Hospital Ichikawa Clinic Department of Rehabilitation

平野 健太, 佐藤 元勇  
Kenta Hirano, Masatoshi Sato

**Key words** : 歩行 (gait), 入谷式足底板 (Iritani-Method Plantar Plate), 足圧中心 (Center of pressure), 距骨下関節 (Subtalar Joint), 立脚期時間 (Stance Phase Time)

### 要 旨

距骨下関節 (Subtalar 関節; 以下, ST 関節) の可動性を抑制するためのテーピングが立脚期時間と足圧中心 (Center of pressure; 以下, COP) に及ぼす影響を調査した。

健康成人男性 27 名 54 足の通常歩行, ST 関節回外抑制テーピング (以下, 回外抑制テーピング) 歩行, ST 関節回内抑制テーピング (以下, 回内抑制テーピング) 歩行を実施した。効果判定は立脚期総時間, 踵離地時間, % COP, COP 軌跡長とし, 各条件の効果と有意に変化した項目に関連する因子を調査した。

結果として回内抑制テーピングは, 1 つ目に立脚期総時間が減少し, その変化は踵離地時間の変化が関与すること, 2 つ目に COP 軌跡長が増加し, その変化は通常歩行時の COP 軌跡長が関与

することが明らかとなった。

### 緒 言

はじめに, 本研究で用いる「回外」・「回内」の用語の定義は, 足底が内側を向く動きを回外, 足底が外側を向く動きを回内とする。

通常, 踵接地時の ST 関節は回内により衝撃を吸収するが, 入谷は回外抑制テーピングを施すと踵接地時の衝撃吸収作用が高まることで, 踵接地時の COP の前方移動に時間的停滞が生じ, 逆に回内抑制テーピングを施すと COP の早期前方移動が生じると述べている<sup>1)</sup>。そのため, 臨床場面で回外・回内抑制テーピングを実施する目的は, 立脚中期前半までの身体動作や足部アライメントを評価し, アーチパッドの内側縦アーチ距骨載距突起部の高低差を決定する一助とすることである。

しかしながら, 回外・回内抑制テーピングが COP 軌跡や立脚期時間に与える影響を調査した報告は渉猟した限り見当たらない。そこで本研究の目的は, 回外・回内抑制テーピングが立脚期時間と COP 軌跡に与える影響を明らかにすることとした。

(2022/10/06 受付)

連絡先: 平野 健太 〒272-0033 千葉県市川市市川南  
1-8-6 船橋整形外科市川クリニック 理学診療部  
TEL: 047-329-4192 FAX: 047-329-4190  
E-mail: k-hirano@fff.or.jp

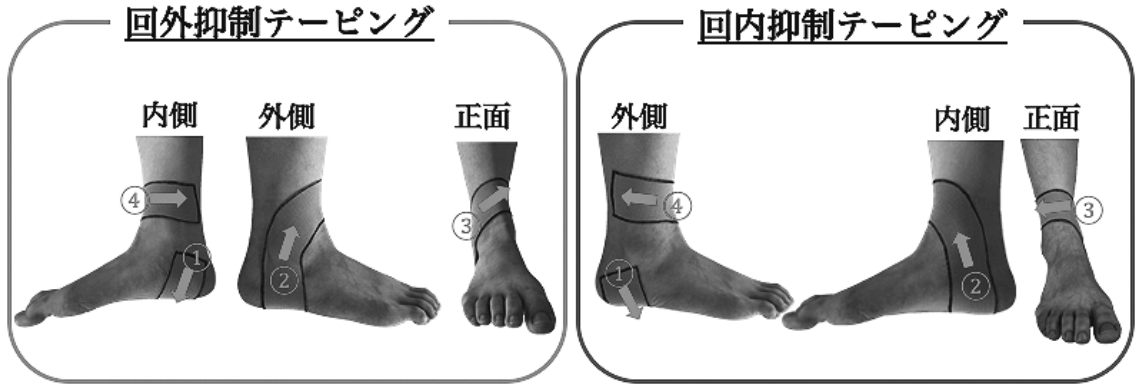


図1. 距骨下関節回外・回内抑制テーピングの貼り付け方法

### 対象と方法

対象は、研究を実施する前にG\*power (Ver3.1.9.4) を使用し、サンプルサイズの検討を実施した。Tail Two, Effect size: 0.5,  $\alpha$  err prob: 0.05, Power: 0.95 で算出したところ 54 以上が必要と示唆されたため、対象は健康成人男性 27 名 54 足、平均年齢 26.2 (21-33) 歳とした。本研究は、当院倫理委員会の承認 (2022003)、対象者の同意を得た上で実施した。

歩行測定には Win-pod (Medicapture社製) を使用した。歩行測定プロトコルは、スタート地点を Palisano R<sup>2</sup> の方法を参考に 5 歩目が Win-pod のセンサープレートに当たる場所とし、素足で自然な速度の 10 歩分の歩行とした。測定に先立ち十分な練習を実施した後、通常歩行、回外抑制テーピング歩行、回内抑制テーピング歩行の 3 パターンをそれぞれランダムで実施し、各足 3 回ずつの有効試験を記録した。回外抑制テーピングは足関節底背屈中間位、ST 関節回内位 (距骨下関節での踵骨を軽度回内位かつ足関節を中間位) で保持した状態で、踵後内側から立方骨下端を通し下腿前内側方向に向かって螺旋状にニトリート EB50 を貼付けた。(図 1) 回内抑制テーピングは足関節底背屈中間位、ST 関節回外位 (距骨下関節での踵骨を軽度回外位かつ足関節を中間位) で保持した状態で、踵後外側から内果下方を通し

下腿前外側方向に向かって螺旋状にニトリート EB50 を貼付けた。(図 1) なお、非伸縮時の 1.05 倍以内の伸長度に統一し、極力張力がかからないよう貼付けた。

効果判定項目は①立脚期時間 (立脚期総時間、踵離地時間)、②COP 軌跡 (% COP, 軌跡長) とした。立脚期時間の定義は Win-pod にて踵骨部圧が記録された瞬間を踵接地、踵骨部圧が消えた瞬間を踵離地、足尖部圧が消えた瞬間を足尖離地とした。

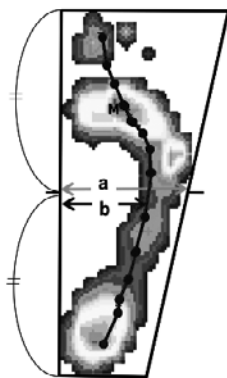
そして立脚期総時間を踵接地～足尖離地までの時間、踵離地時間を踵接地～踵離地までの時間とし、それぞれの値を被検者の足長 (mm) で除し正規化した。なお、踵離地時間については立脚期総時間を除した値を統計解析に用いた。

COP 軌跡 (% COP, COP 軌跡長) の画像処理ソフトは ImageJ (Ver1.53) を使用し解析した。本岡ら<sup>3)</sup>は足底分布図の外周に枠を引き、その中央に内側から外側へ線を引き、その線分の全長を a、さらに同位置の内側縁から足底圧中心軌跡までの交点の距離を b とした。この交点の距離を全長で除し 100% として正規化したものを %COP と定義している。(図 2) 本研究は本岡ら<sup>3)</sup>の方法に準拠し、解析した値を統計解析に用いた。COP 軌跡長は、始点から終点までの距離を足長 (mm) で除した値を統計解析に用いた。(図 2)

なお、ImageJ における画像解析は、同一測定者

が実施し、事前に級内相関係数 (Intraclass correlation coefficient; 以下, ICC) および標準誤差, 95%信頼区間を求め、検者内信頼性 ICC (1, 1) を検証した。

統計解析は、通常歩行と回外抑制テーピング、回内抑制テーピングの比較をするため、対応のある t 検定を実施した。その後、有意差のあった項目に関連する因子を調査するため、有意差のあった項目の変化量を目的変数とし、通常歩行時の立脚期総時間、踵離地時間、% COP, COP 軌跡長と各変数 (立脚期総時間、踵離地時間、% COP, COP 軌跡長) を説明変数とした単回帰分析を実施した。統計解析ソフトは R (Ver4.0.2) を使用し、



・  $b/a \times 100 = \%COP$   
 ・ COP始点～終点の距離 (●—●) / 足長 (mm) = COP軌跡長

図2. %COP と COP 軌跡長の算出方法

有意水準は 5% 未満とした。

## 結 果

測定に先立ち実施した検者内信頼性の検討は、測定回数を被験者 1 人に対し 3 回、計 10 人に対して実施した。ImageJ における画像解析の ICC は、0.7 以上であり、信頼性が高いと判断した<sup>4)</sup>。

測定結果と統計解析結果は表 1 に示す通りであった。立脚期総時間は、通常歩行と比べ回内抑制テーピングで有意に減少した。COP 軌跡長は、通常歩行と比べ、回内抑制テーピングで有意に延長した。その他の項目で有意差は無かった。単回帰分析の結果は表 2 の通りであった。回内抑制テーピングによる立脚期総時間変化量と踵離地時間変化量で有意な関連性があった。回内抑制テーピングによる COP 軌跡長変化量と通常歩行の COP 軌跡長で有意な関連性があった。

## 考 察

本研究は、回外抑制テーピングや回内抑制テーピングが立脚期時間と COP に与える影響について明らかにした。そして、入谷式足底板の作成過程において行われる、ST 関節の可動性を抑制するためのテーピングがどのような意味を持つかを客観的に示した研究である。

まず、回内抑制テーピングにより立脚期総時間が有意に減少したことについて考察する。堀本ら<sup>5)</sup>

表 1. 測定値および対応のある t 検定の結果

	自然歩行		回外抑制テーピング				回内抑制テーピング				
	測定値	測定値	変化量	MDC <sub>95</sub>	p 値	効果量 r	測定値	変化量	MDC <sub>95</sub>	p 値	効果量 r
立脚期総時間	24.500 (1.869)	24.095 (1.743)	0.328 (0.430)	0.551	0.10	0.10	23.780 (2.334)	0.653 (1.556)	0.592	<0.01	0.39
踵離地時間	0.543 (0.084)	0.554 (0.087)	-0.008 (0.458)	0.015	0.08	0.24	0.5450 (0.067)	0.004 (1.462)	0.019	0.54	0.08
% COP	51.6 (6.1)	51.3 (7.1)	1.0 (4.3)	2.0	0.88	0.02	52.0 (5.8)	-0.4 (4.9)	1.6	0.50	0.09
COP 軌跡長	7.220 (0.492)	7.084 (0.689)	0.114 (0.051)	0.173	0.40	0.01	7.441 (0.351)	-0.204 (0.039)	0.162	<0.01	0.40

・ 平均値 (標準偏差), 有意水準 5% 未満

・ MDC<sub>95</sub>: 最小可検変化量 (minimal detectable change 95)

・ 変化量: 通常歩行の測定値に対する回内抑制テーピング・回外抑制テーピングの各変化量

表 2. 対応のある t 検定で有意差のあった項目を従属変数とした単回帰分析の結果

	項目	回帰係数	p 値
立脚期総時間変化量	通常歩行立脚期総時間	0.14	0.20
	通常歩行踵離地時間	0.05	0.73
	通常歩行 %COP	0.41	-0.11
	通常歩行 COP 軌跡長	0.12	0.36
	<b>踵離地変化量</b>	<b>0.30</b>	<b>0.03</b>
	%COP 変化量	-0.01	0.56
	COP 軌跡長変化量	0.16	0.23
COP 軌跡長変化量	通常歩行立脚期総時間	-0.2	0.14
	通常歩行踵離地時間	-0.21	0.12
	通常歩行 %COP	-0.06	0.66
	<b>通常歩行 COP 軌跡長</b>	<b>0.65</b>	<b>&lt;0.01</b>
	踵離地変化量	0.01	0.91
	%COP 変化量	0.03	0.79
	立脚期総時間変化量	0.16	0.23

・有意水準 5% 未満

・各変化量は通常歩行と回内抑制テーピングにおける差から算出

は、健康成人の足圧中心軌跡を調査し、17 例のうち 12 例が ST 関節回外位であり、荷重が早期に前方に移動していたことを報告し、このパターンでは踵接地直後の衝撃吸収をする回内現象が制限されるため、その時間的停滞を作り出せず、結果として足圧中心軌跡はより早く前方へと移動する傾向が見られたと論じている。通常歩行の ST 関節の運動は、踵接地の開始に伴い身体重量の支持足部への落下の衝撃を減少するために、ST 関節の回内が生じ、立脚中期の前半に回内がピークに達し、そのあと立脚終期全体にわたってゆっくり回外する<sup>9)</sup>。本研究では、回内抑制テーピングにより踵立方関節と距舟関節の関節軸が交わり強固で剛性のある足となることから、踵接地直後の衝撃吸収をする回内運動が制限されることが予想される。そのため、早期に回外方向へ転換することで重心がより素早く前方移動したと推察される。また、単回帰分析の結果、立脚期総時間の減少には踵離地時間変化量が有意に関連することから、入谷が述べる ST 関節に回内抑制テーピングを施すと COP の早期前方移動が生じるという臨床的効果を裏付ける結果であった<sup>1)</sup>。

次に、回内抑制テーピングにより COP 軌跡長

が有意に延長したことについて考察する。まず、COP 軌跡長の変化量には自然歩行の軌跡長が有意に関連する（標準回帰係数 0.30）ことから、自然歩行時に COP 軌跡長が短いものほど COP 軌跡長が増加しやすい結果であった。Wang ら<sup>7)</sup>は、内側縦アーチの低下が特徴的な病態の後脛骨筋腱機能不全症の歩行を調査し、コントロール群と比較して前後方向の COP 軌跡長が短く、内側方向へシフトしていたことを報告している。諸家の報告で散見されるように内側縦アーチと COP の関連性が高いことは周知の事実である。本研究の回内抑制テーピングでは、ST 関節回外位で載距突起を下方から上方へ通過するようにテーピングを施行することから、解剖学的に距骨の前踵骨関節面と踵骨の前距踵関節面が接し骨性の支持となり内側縦アーチが増加する方向へ作用することが示唆される。そのため、本研究の回内抑制テーピングは COP 軌跡長の有意な延長に寄与した可能性がある。

また、回外抑制テーピングでは立脚期時間（立脚期総時間、踵離地時間）と COP（% COP、COP 軌跡長）に影響を及ぼさなかった。入谷は回外抑制テーピングを施すと踵接地時の衝撃吸収作用が



高まることで、踵接地のCOPの前方移動に時間的停滞を生じさせると述べている<sup>1)</sup>。Bernsteinらが身体運動における自由度の冗長性について報告しているが<sup>8)</sup>、本研究でも回外抑制テーピングにより立脚期時間が延長するもの、短縮するものの両者が存在したことから、回外抑制テーピングの結果は、身体上部の個人特有の様々な代償戦略に起因するものと解釈した。そのため、立脚期時間を停滞させる目的での回外抑制テーピングでは、変化の多様性があることを念頭に歩行分析をすることが望ましいと考える。

本研究の限界点は存在し、結果を一般化するためには注意が必要である。1つ目に本研究で使用した測定機器のWin-podは、機械特性上、測定誤差が5%存在するため、歩行分析の研究で多く用いられている床反力計と比較すると精度が劣る点が挙げられる。しかしながら、測定前に練習を十分に実施すること、さらに3回の有効試技を採用することで、測定誤差を可能な範囲で抑えた。2つ目は、動作中の足部および近位関節の関節角度や筋活動を測定していないため、今後は三次元動作解析装置、筋電図などを用いた調査が望まれる。3つ目にテーピングに関して、効果の持続性や他者が同様のテーピングを実施した際の効果が不明な点である。そのため、今後はテーピング効果の持続性の検討やテーピングを施行する検者間での違いを検討する必要があると考える。

## 結 論

本研究は、入谷式足底板におけるST関節回内・回外抑制テーピングが立脚期時間とCOPに与える影響を調査した。回内抑制テーピングによる効果として、1つ目に立脚期総時間が減少し、その変化は踵離地時の変化が関与すること、2つ目にCOP軌跡長が延長し、その変化は通常歩行時のCOP軌跡長が関与することが明らかとなった。

## 文 献

- 1) 入谷 誠. 入谷式足底板 基礎編. 第1版. 神奈川：運動と医学の出版；2013. 4-29.
- 2) Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39: 214-23.
- 3) 本岡 勉, 佛淵孝夫, 田中博史. 健常者の歩行分析—足圧中心は足部外側を通るか—. *日足外会誌* 2005; 26 (2): 22-5.
- 4) 対馬栄輝. SPSSで学ぶ医療系データ解析. 第2版. 東京：東京図書；2010. 195-214.
- 5) 堀本ゆかり, 丸山仁司. 健常成人における足圧中心軌跡の特徴. *理学療法科学* 2010; 25 (5): 687-691.
- 6) Perry J. ペリー歩行分析 正常歩行と異常歩行, 原著 第2版. 武田 功 (監訳), 東京：医薬出版；2007. 9-14, 19-21.
- 7) Wan J, Latt LD, Marthin RD, et al. Postural Control Differences between Patients with Posterior Tibial Tendon Dysfunction and Healthy People during Gait. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19(3): 1301.
- 8) Bernstein NA. デクステリティ 巧みさと発達, 佐々木正人 (監訳), 東京：金子書房；2003. 160-1.

# 超音波画像診断装置で測定された足内在筋の筋横断面積は

## MRI での測定値との関連性が強い

### Intrinsic foot muscle cross-sectional area measured by ultrasound is highly correlated with those by MRI

<sup>1)</sup>早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

<sup>2)</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院

<sup>1)</sup>Graduate School of Science, Waseda University

<sup>2)</sup>Faculty of Sport Science, Waseda University

樋川 幸平<sup>1)</sup>, 筒井 俊春<sup>2)</sup>, 鳥居 俊<sup>2)</sup>

Kohei Hikawa<sup>1)</sup>, Toshiharu Tsutsui<sup>2)</sup>, Suguru Torii<sup>2)</sup>

**Key words** : 足内在筋 (Intrinsic foot muscle), 超音波画像診断装置 (Ultrasound), 信頼性 (Reliability)

#### 要 旨

超音波画像診断装置 (以下, US) を用いた足内在筋の筋横断面積 (以下, CSA) の信頼性を検討することを目的とした. 健康成人 4 名 8 足の短母趾屈筋, 母趾外転筋, 短趾屈筋を対象に, US と MRI を用いて CSA の測定を行った. そして Bland-Altman 分析で測定誤差や相関分析で関連性を検討した. 結果は, US での母趾外転筋と短趾屈筋の CSA の測定誤差が許容範囲内であった ( $p < 0.05$ ). また, MRI での CSA と強い正の相関が認められた (母趾外転筋:  $r = 0.89$ ,  $p < 0.05$ , 短趾屈筋:  $r = 0.89$ ,  $p < 0.05$ ). US を用いた母趾外転筋, 短趾屈筋の CSA の測定は信頼性の高い測定方法であることが示された.

#### 緒 言

足内在筋は足部におけるインナーマッスルと考えられており<sup>1)</sup>, その重要性が着目されている. さらに, 機器の進歩により超音波画像診断装置 (Ultrasound; 以下, US) を用いた筋横断面積 (Cross sectional area; 以下, CSA) の測定が多くの研究で行われるようになった. CSA は, 形態的な評価でありながら, 筋力などの機能的な評価との関連があり<sup>2)</sup>, 有用性の高い指標である. しかし US による CSA の測定は簡便で汎用性が高い反面, 測定誤差が測定者の技術に依存する再現性の問題<sup>3)</sup>や, 撮像した画像が実際の筋肉の形態を十分に反映するのか不明瞭であるといった妥当性の問題<sup>3)</sup>が指摘されている. 足外在筋における US を用いた CSA の測定は, CSA の測定で一般的である MRI での測定値との一致度や関連性を検討することで, その信頼性が示されている<sup>3)</sup>. 一方, 足内在筋の信頼性に関しては, 再現性は先行研究で示されている<sup>4)</sup>ものの, 測定誤差や MRI との関連性

(2023/01/06 受付)

連絡先: 樋川 幸平 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島  
2-579-15 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科  
TEL: 04-2947-6848 FAX: 04-2947-6930  
E-mail: hikawa1989@yahoo.co.jp

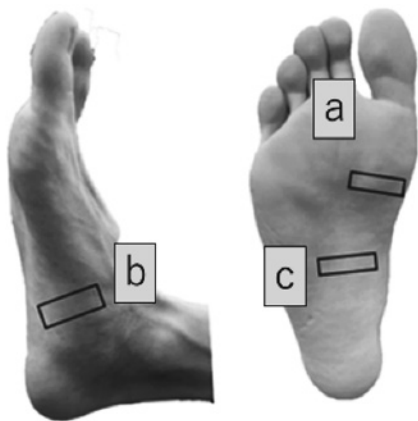


図 1. 超音波画像診断装置を用いた足内在筋の筋横断面積の測定

- a: 短母趾屈筋: 第一中足骨頭近位部
- b: 母趾外転筋: 足部内側面, 舟状骨結節-踵骨内側結節
- c: 短趾屈筋: 足底面, 舟状骨結節-踵骨内側結節

を検討した報告は尠し得た限りない。したがって本研究の目的は、足内在筋における US での CSA 測定の信頼性を検討することとした。

## 方 法

### 1. 対象

対象は測定時、下肢に運動器障害のない、健康成人 (男 3 名女 1 名) 4 名 8 足 (年齢  $24.1 \pm 0.6$  歳, 身長  $173.6 \pm 5.4$ cm, 体重  $62.5 \pm 7.5$ kg) とした。全ての対象者には、事前に実験内容に関する説明を十分に行ない、実験参加の同意を得た上で測定を実施した。本研究は早稲田大学の「人を対象とする研究等倫理審査委員会」の承認 (承認番号 2016-098) を得て実施した。

### 2. 測定項目

#### 1) 超音波画像診断装置による足内在筋の筋横断面積の測定

足内在筋の測定には、超音波画像診断装置 (SonoSite Edge II, 富士フィルム社) を用い、B モードにて撮像を行った。測定には周波数 6-13MHz のプローベ (リニアプローベ HFL38xp, 富士フィルム社) を使用した。測定部位は短母趾屈筋 (Flexor digitorum brevis 以下, FHB), 母趾外転筋

(Abductor hallucis 以下, ABH), 短趾屈筋 (Flexor digitorum brevis 以下, FDB) の足内在筋 3 部位とした。撮像部位は Angin ら<sup>5)</sup>の方法に準じて、測定筋に対してプローベを垂直にあてることで CSA 画像を撮像し、1 部位につき 3 回ずつ撮像した。(図 1) なお、測定肢位に関しては、背臥位軽度膝屈曲位、ゴニオメーターで足関節底屈  $40^\circ$  を測定し、その角度を保つように被検者に指示を行った。また、測定は十分な測定経験を持つ検者 1 名が、事前に十分な練習を行い、クラス内相関係数 (1.3) が 0.9 以上あることを確認した上で測定に臨んだ。撮像した画像は、画像解析ソフト (Image J, 米国国立衛生研究所) に取り込み解析を行った。画像上の筋膜に沿って手動でカーソルを操作し、図のように対象の筋を囲い、(図 2-a, b, c) 単位  $\text{cm}^2$  で小数第 2 位までを読み取り CSA 値を算出した。撮像した 3 枚の画像の平均値を代表値とした。

#### 2) MRI による足内在筋の筋横断面積の測定

MRI に関しては、SIGNA Premier (GE 社) を用い、撮像経験が十分な放射線技師が足内在筋 (FHB, ABH, FDB) の撮像を行った。撮像条件は 3D-FSPGR (The fast spoiled gradient recalled acquisition in the steady state), エコー時間: 4.61ms, 繰り返し時間: 10.3ms, 撮像視野: 180mm, スライス厚: 2mm, スライス間ギャップ: 0mm, フリップ角:  $0^\circ$  とした。測定肢位に関しては US を用いた撮像と可能な限り同様の肢位となるように調整した上で撮像を実施した。撮像した画像は、ランドマークが正確に撮像されていることを確認し、必要に応じて明暗の調整や画像の抽出範囲を修正した。そして各ランドマークを指標に、筋線維に対して垂直になるように横断面積画像を抽出し、その前後のスライスを含めた合計 3 枚の画像の解析を行った。解析は Bus ら<sup>6)</sup>の方法を参考にして、撮像された画像から測定筋を鑑別した。そして、US での解析と同様に画像解析ソフトで CSA の算出を行い、(図 2-d, e, f) 3 枚の画像の平均値を代表値とした。

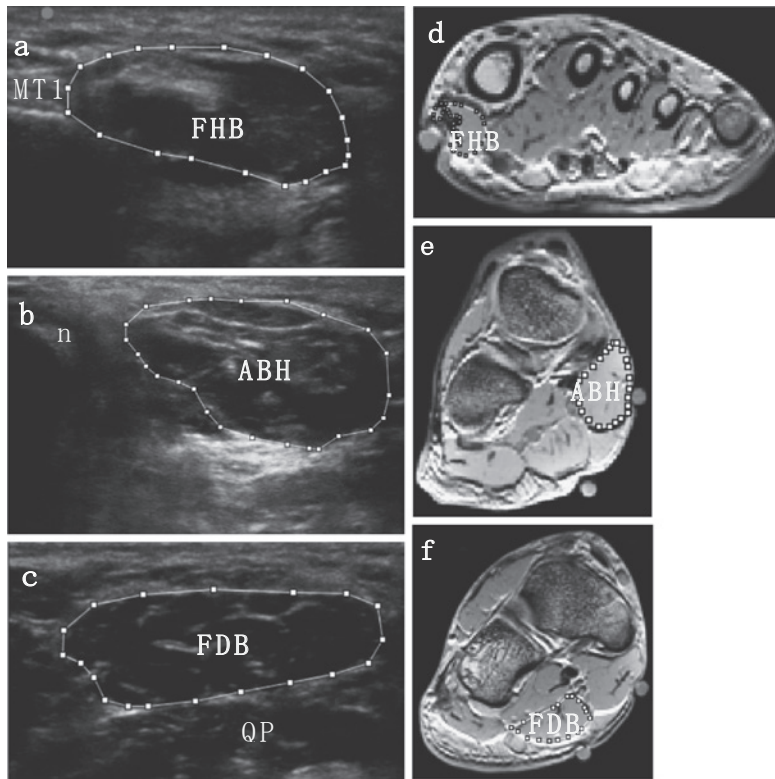


図2. 超音波画像診断装置, MRIの筋横断面積画像の解析

- a. 短母趾屈筋の超音波画像：FHB（短母趾屈筋），MT1（第一中足骨）
- b. 母指外転筋の超音波画像：ABH（母趾外転筋），n（舟状骨）
- c. 短趾屈筋の超音波画像：FDB（短趾屈筋），QP（足底方形筋）
- d. 短母趾屈筋のMRI画像：FHB（短母趾屈筋）
- e. 母指外転筋のMRI画像：ABH（母趾外転筋）
- f. 短趾屈筋のMRI画像：FDB（短趾屈筋）

### 3. 実験プロトコル

まずUSによるCSAの撮像を行った。そして、撮像を行った際のプローベの位置、角度などをペンやテープを用いてマーキングした。（図3-a）前額面上のプローベの傾きに関しては、正面より図3-bのように写真撮像し、各測定部位から床への垂直線とプローベの傾きがなす角度を画像解析ソフトで解析し算出した。（図3-b）その後、マーキングした部位にプローベの傾きを再現した状態でランドマーク（プレスケアストロングミント：小林製薬）を貼付した。（図3-c）そして、ランドマークを貼付した上でMRIの測定を前述の条件で行った。

### 4. 統計処理

US, MRIでのCSAの測定値の一致度を先行研究の方法<sup>37)</sup>に準じてBland-Altman分析（以下、B-A分析）を用いて検討を行った。差の変数（MRIでのCSAとUSでのCSAの差の数値）と平均の変数（MRIでのCSAとUSでのCSAの和を2で除した数値）を算出することで系統誤差の有無を分析した。その後、2つの測定値の差の変数を対応のないt検定により、固定誤差の有無を検討した。また、比例誤差を検討するために、従属変数を2つの測定方法の差の変数、独立変数を測定方法の平均値の変数として回帰分析を行った。US, MRIでのCSAの関連性は、ピアソンの積率相関

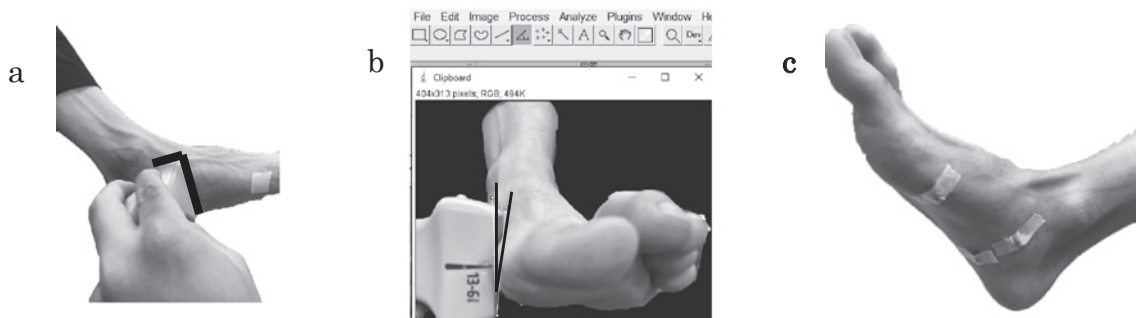


図3. マーキングおよびランドマーク設置方法

- a: プローベの撮像位置のマーキング  
 b: プローベの撮像角度の解析  
 c: ランドマークの貼付

係数またはスピアマンの順位相関係数を用いて分析した。

## 結 果

### US での CSA の測定誤差の検討

系統誤差を検討した B-A 分析の結果は、図 4 に示す通りである。FHB に関して、系統誤差は許容範囲内であるが、比例誤差、固定誤差が認められた ( $p < 0.05$ ; 図 4-a)。ABH に関して、系統誤差は許容範囲内であるが、比例誤差、固定誤差が認められた ( $p < 0.05$ ; 図 4-c)。FDB に関して、系統誤差は許容範囲内であり、比例誤差 ( $p = 0.13$ ; 図 4-e)、固定誤差は認められなかった ( $p = 0.20$ ; 図 4-e)。

### MRI と US での CSA の関連性の検討

測定結果に関しては、表 1 に示す通りである。FHB のみ MRI と US での CSA の測定結果に差が認められた ( $p < 0.05$ ; 表 1)。FHB の CSA は MRI と US での測定結果に中程度の正の相関があるが差は認められなかった ( $r = 0.53$ ,  $p = 0.17$ ; 図 4-b)。また、ABH の CSA は MRI と US での測定結果に強い正の相関が認められた ( $r = 0.89$ ,  $p < 0.05$ ; 図 4-d)。FDB の CSA は MRI と US での測定結果に強い正の相関が認められた ( $r = 0.87$ ,  $p < 0.05$ ; 図 4-f)。

## 考 察

本研究は足内在筋における US での CSA について、MRI での測定値をもとに測定誤差や関連性を調査することで、信頼性を検討した初めての研究である。

測定誤差は、実際に測定された結果と真実との間にある差をいう。また、理想的な状況でも偶然に起こるものと、データの収集方法が適切でないため系統的におこる一定の方向性をもつものに分けられ、前者を偶然誤差、後者を系統誤差という。系統誤差はコントロール可能な要因によって生じるため、有無を検討することで、測定方法の信頼性の評価となる。また、系統誤差を検討する分析方法のひとつとして、B-A 分析が挙げられる<sup>8)</sup>。本研究における系統誤差に関しては、B-A 分析の結果より、3 筋すべてにおいて許容範囲内であることが示された。しかし FHB、ABH の CSA において許容範囲内であるものの、系統誤差に含まれる固定誤差、比例誤差が認められる結果となった。固定誤差は、真の値に関わらず、特定の方向へ一定の偏りを持つ誤差であり、比例誤差は真の値に比例して特定の方向に生じる誤差である<sup>9)</sup>。先行研究で他部位においても、MRI と US での CSA では、US での CSA が過小に測定される結果となっている<sup>3)10)</sup>。これは US と MRI での撮像画像の解

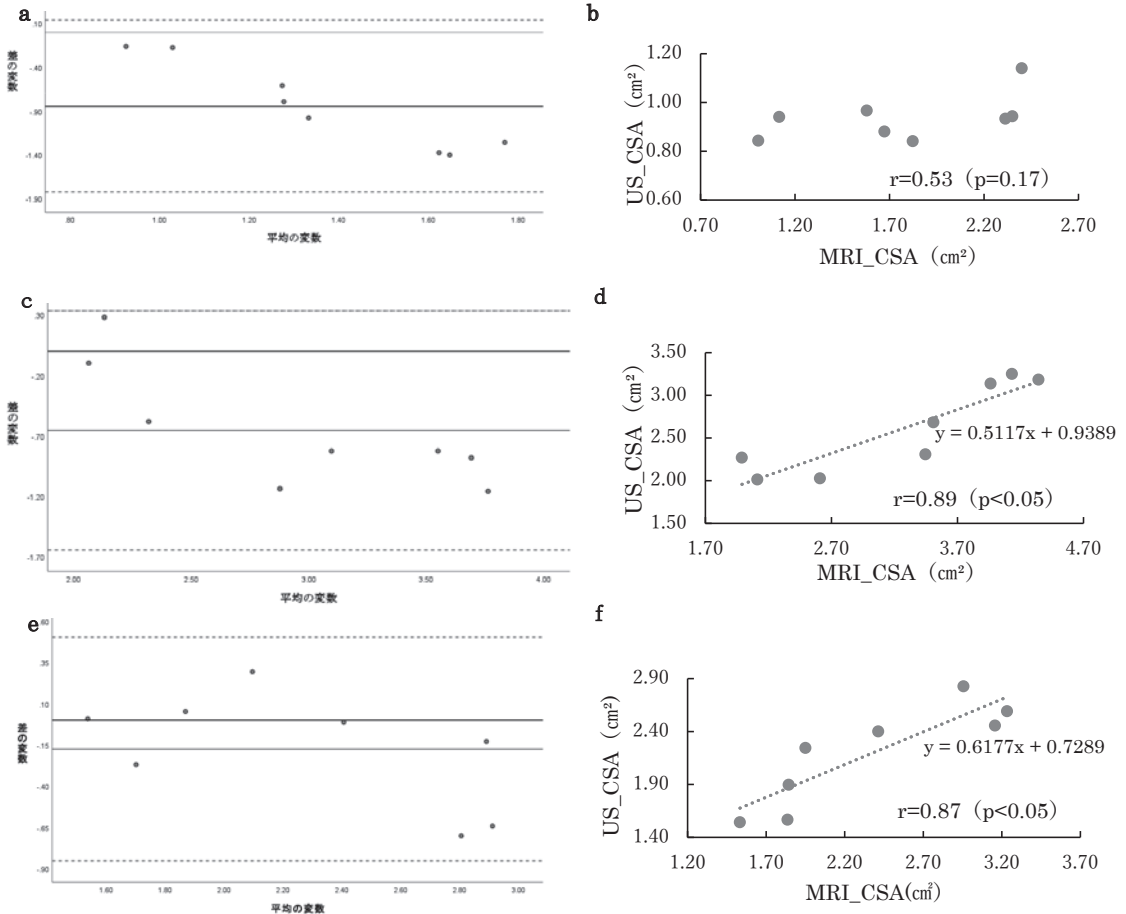


図4. 足内在筋のBland-Altmanプロット (ace) およびUSとMRIでのCSAとの関係 (bdf)

a. b: 短母趾屈筋のB-Aの結果と相関図, c. d: 母趾外転筋のB-Aの結果と相関図, e. f: 短趾屈筋のB-Aの結果と相関図. 差の変数=MRI-US, 平均の変数=(MRI+US)/2, 黒太線は平均値の線, 点線は一致の上限と下限を表す(差の平均値 $\pm$ 1.96 $\times$ 差の標準偏差), US: Ultrasound (超音波画像診断装置), CSA: Cross sectional area (横断面積)

表1. 超音波画像診断装置とMRIでの筋横断面積の測定結果

	US_CSA 平均値 (SD)	MRI_CSA 平均値 (SD)	有意確率 (p値)
短母趾屈筋 (cm <sup>2</sup> )	0.94 (0.1)	1.78 (0.6)	p<0.05
母趾外転筋 (cm <sup>2</sup> )	2.61 (0.5)	3.26 (0.9)	p=0.067
短趾屈筋 (cm <sup>2</sup> )	2.19 (0.5)	2.37 (0.7)	p=0.162

US: Ultrasound (超音波画像診断装置)

CSA: Cross sectional area (横断面積)

SD: standard deviation (標準偏差)

像度の違いや, USでの測定時のプローベの測定部位への接触圧が影響していると思われる. しかしながらFHB, ABHのCSAをUSで測定する際

には, MRIに比べて小さい値の差を検出することが難しいことが推察される. また, 測定値が大きくなると, 誤差が大きくなる可能性があることを

加味して、測定結果を解釈していく必要性が示唆された。しかし誤差は許容内であるため、USで撮像したCSAを他の研究で用いることは可能であると考えられる。FDBに関しては、系統誤差は許容内であり、固定誤差や比例誤差は認められなかった。したがって、3部位の中ではFDBが最も系統誤差の少ない信頼性の高い測定部位であることが示された。

USとMRIでのCSAの関連性に関して、ABHとFDBはMRIとUSでの測定値に差はなく、かつ測定値に強い正の相関が認められた。したがってABH、FDBのCSAをUSで測定する妥当性は高いと考える。しかしFHBに関しては、MRIとUSでの測定値に差があり、かつ相関関係は認められなかった。そのため本研究の手法を用いたUSによるFHBのCSAに関して、現状では関連性があるとは示せないと考えられる。

本研究の限界点は、足趾の測定肢位が統一できなかった点である。本研究は、足関節の肢位を同肢位になるように規定して測定を行った。しかし、足趾の肢位の規定は行わなかった。したがって足趾の測定肢位の違いが、3筋の中で最も遠位部に位置するFHBの結果に影響を及ぼした可能性が高いと考える。今後はテーピングなどで足趾を固定し、測定肢位を統一した上で検討することで、信頼性の高い結果が得られるのではないかと考える。

## 結 論

本研究の測定方法によるABHとFDBのUSで

のCSAは、MRIでのCSAとの関連性が強く、誤差が少ない測定方法であることが示唆された。

## 文 献

- 1) McKeon PO, Hertel J, Bramble D, et al. The foot core system : a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Bj sports med* 2015 ; 49 : 290.
- 2) Trappe S, Gallagher P, Harber M, et al. Single muscle fibre contractile properties in young and old men and women. *The Journal of physiology* 2003 ; 552 : 47-58.
- 3) Sponbeck JK, Frandsen CR, Ridge ST, et al. Leg muscle cross-sectional area measured by ultrasound is highly correlated with MRI. *Journal of Foot and Ankle Research* 2021 ; 14 : 1-7.
- 4) Latey PJ, Burns J, Nightingale EJ, et al. Reliability and correlates of cross-sectional area of abductor hallucis and the medial belly of the flexor hallucis brevis measured by ultrasound. *J foot and ankle Res* 2008 ; 11 : 1-11.
- 5) Angin S, Crofts G, Mickle KJ, et al. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. *Gait & posture* 2014 ; 40 : 48-52.
- 6) Bus SA, Yang QX, Wang JH, et al. Intrinsic muscle atrophy and toe deformity in the diabetic neuropathic foot : a magnetic resonance imaging study. *Diabetes care* 2002 ; 25 : 1444-50.
- 7) 小竹良文, 佐藤暢一. Bland-Altman法による心拍出量モニタの精度評価. *日本集中治療医学会雑誌* 2009 ; 16 : 263-72.
- 8) Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet* 1986 ; 327 : 307-10.
- 9) 下井俊典. 評価の絶対信頼性. *理学療法科学* 2011 ; 26 : 451-61.
- 10) Bemben MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2002 ; 16 : 103-8.

# 後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足に対し、 短下肢装具で保存療法を行った 3 例

## Three cases of valgus flatfoot due to posterior tibial tendon dysfunction treated conservatively with ankle foot orthosis

<sup>1)</sup>東名ブレース株式会社

<sup>2)</sup>わせだ整形外科

<sup>1)</sup>Tomeibrace Co., Ltd.

<sup>2)</sup>Waseda Orthopedic

吉田 晃朗<sup>1)</sup>, 金井 朋也<sup>1)</sup>, 小野 嘉昭<sup>1)</sup>, 奥村 庄次<sup>1)</sup>, 早稲田明生<sup>2)</sup>  
Akio Yoshida<sup>1)</sup>, Tomoya Kanai<sup>1)</sup>, Yoshiaki Ono<sup>1)</sup>, Shoji Okumura<sup>1)</sup>, Akeo Waseda<sup>2)</sup>

**Key words** : 後脛骨筋腱機能不全 (posterior tibial tendon dysfunction), 短下肢装具 (ankle foot orthosis), 保存療法 (conservative treatment)

### 要 旨

後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足患者に対しては、軽症例では足底装具による保存療法が効果的であるとされ、重症例では骨切術や関節固定術などの手術療法が採用されるケースが多い。今回、種々の理由により手術療法が出来なかった重度の後脛骨筋腱機能不全患者 3 例に対して短下肢装具による保存療法を行った。3 症例とも下腿に著明な浮腫を認めたため、締め上げによる調整が可能な皮革性の短下肢装具を製作した。締め上げによる側方支持性の向上と踵骨アライメント矯正により疼痛を緩和できたと考えられる。今後は皮膚の蒸れの問題や重量などを考慮した材料の検討が必要と考える。

### 緒 言

後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足患者に対しては、軽症例では足底装具による保存療法が効果的であるとされ、重症例では骨切術や関節固定術などの手術療法が採用されるケースが多い<sup>1)</sup>。今回、種々の理由により手術療法が出来なかった stage 3 の後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足患者に対して、皮革性の短下肢装具にて疼痛を緩和できた 3 例を経験したので報告する。

### 対 象

症例 1. 70 代男性, BMI 29, 会社員, 脳梗塞の既往あり。既製靴に足底装具を使用し治療をしていたが、歩行時の疼痛が軽減しないため受診となった。主に右足の疼痛が強く、舟状骨に胼胝を認めた。(図 1)

症例 2. 30 代男性, BMI 31.2, 会社員, 既製靴に市販のインソールを入れて生活をしてきたが、疼痛により前医受診、距骨の変形が認められたた

(2022/12/22 受付)

連絡先 : 吉田 晃朗 〒259-1147 神奈川県伊勢原市白根 472-5 東名ブレース株式会社  
TEL 0463-92-5578 FAX 0463-92-5582  
E-mail yoshida@tomeibrace.co.jp





図1. 症例1, 70代男性



図2. 症例2, 30代男性



図3. 症例3, 50代男性

め、受診となった。仕事の都合で手術は希望せず、装具での保存療法を行った。仕事では安全靴を履いているため、屋内と通勤で装具を使用することとなった。(図2)

症例3. 50代男性, BMI 32.2, 会社員, 前医で外反扁平足と診断され, 手術目的で紹介受診となった。術前に下腿皮膚に潰瘍を形成し, 感染リスクから装具での保存療法が選択された。(図3)

## 方 法

重度の外反扁平足に対応するため, 徒手的に矯

正可能なアライメントで短下肢装具を製作することとした。3症例とも下腿から足部に著明な浮腫を認めたため, 締め上げによる調整が可能な皮革製短下肢装具を選択し, 屋内外での使用を試みた。ギプス採型は足関節底背屈中間位とし, 踵骨の外反を可能な範囲で徒手的に整復した状態で行った。支持部は皮革材料にMAX1.5mm (MINKE)で補強を行い, (図4)内側フレアヒールと内側ソールウェッジにて側方の支持を行った。また, 内側縦アーチと横アーチの保持のためのインソー

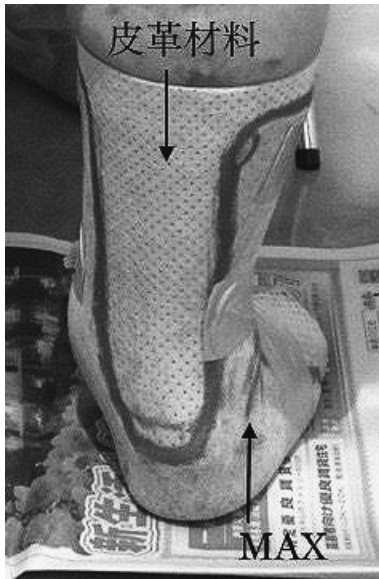


図4. 仮合わせ時の様子 皮革材料の外側にMAXをカウンターのように貼り付けた

ルを足底部分に内蔵した。(図5)

仮合わせ時、静止立位でのアライメントをアーチサポート、内側ソールウェッジを調整し、可能な範囲で矯正を試みた。試歩行を行った際、立脚後期にかけて足関節の背屈が起こり、疼痛が出てしまったため、足関節ベルトを追加して、患者本人の歩きやすさと疼痛に応じた可能な範囲での背屈制限を行った。

装具装着により今まで使用していた靴を履くことが困難になったため、仮合わせ時にそれぞれのサイズに合わせた7E~17Eの足囲の靴を用意し、適合性のチェックを行った。

装着後約4週間の状況でNRS (numerical rating scale) による疼痛評価を行った。装具装着前の疼痛を10として、装具装着後の疼痛がどの程度か評価した。また、装着状況の確認と装具装着による問題点や改善点の聞き取りを行った。

## 結 果

症例1では、装着後の疼痛が2に減少した。通勤時と在宅時に使用することで疼痛が軽減した。

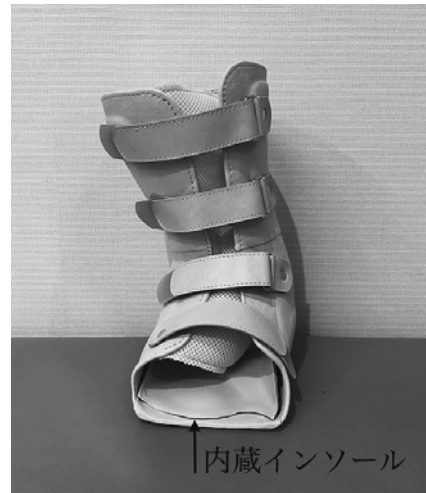


図5. 製作した皮革製短下肢装具 足底にはインソールを内蔵した

元々の足サイズが大きく変形により足囲も大きかったため、17Eの靴を履くことになった。装具装着により靴との適合が悪く、前滑りを起こしてしまったため、靴中底にも滑り止め材料を貼り付け対応した。

症例2では疼痛が3に減少した。通勤に短下肢装具を使用し、仕事に足底装具を使い分ける事で保存療法を継続出来ている。

症例3では疼痛が4に減少した。自宅や職場での事務作業中も使用しており、潰瘍の再発もなく着用が出来ている。しかしながら長時間の装着による装具の蒸れが問題となった。

## 考 察

短下肢装具装着により、足関節の側方支持性が高まり、アーチサポートと皮革による支持部により、踵骨アライメント矯正がなされたと考えられる。皮革とMAXを貼り合わせカウンター形状にデザインし、内側フレアヒールによる補強を行ったことで足関節安定性が得られ、足関節の疼痛緩和に至ったのではないかと考えられる。

皮革による締め具合の調整があったことで、下腿の浮腫に対応が可能となり、プラスチック材料

に比べて高い適合が得られたことが疼痛の軽減に繋がったと考えられる。

靴型装具ではなく短下肢装具を選択した事で、屋内外使用可能な点と、靴型装具に比べて軽量で安価であるメリットが得られた。

一般的に後脛骨筋腱機能不全の症例に対しては足底装具を用いることが多く、室内では靴を脱ぐ習慣から、外出時のみの使用となることが多い<sup>2)3)</sup>。本症例のように足底装具での矯正が難しい変形で、浮腫による周径変化のある患者に対しては、皮革製の短下肢装具が有用ではないかと考える。

一方で、見た目の問題や好みの靴を履けないとの理由から製作を拒否されるケースが何度かあった。使用者からは皮革材料による蒸れの不快感が問題点として上げられた。様々な対象者に適応する為にも、材料の見直しやデザイン考案が必要と考える。

## 結 語

後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足の患者に対して、皮革製短下肢装具による保存療法を行った。足底装具に比べ支持性が高く、屋内でも使用できるメリットが挙げられた。

装具の大きさや蒸れの問題、靴との適合の問題など改善の余地があると思われる。使用者の症状や生活状況に合わせて、装具デザインの選択や向上に努めることが必要である。

## 文 献

- 1) 城戸優充, 生駒和也, 久保俊一. 成人期扁平足のオーダーメイド治療をめざして. 京府医大誌 2018;127(9):591-6.
- 2) 中本佑輔, 佐本憲宏. 足部疾患に対する靴と装具療法の基礎知識. 日本フットケア学会雑誌 2019;17(1):1-6.
- 3) 早稲田明生, 宇佐見則夫, 井口 傑他. 後脛骨筋腱機能不全症に対する足底板の有用性. 靴の医学 2004;17(2):54-5.

# 内在筋の機能低下をきたした両側中足部多発骨折に対し

## Short foot exercise を施行した一症例

### A case of short foot exercise for multiple bilateral metatarsal fractures with intrinsic muscle dysfunction

<sup>1)</sup>関西電力病院リハビリテーション部

<sup>2)</sup>兵庫医科大学リハビリテーション学部理学療法学科

<sup>1)</sup>Department of Rehabilitation, Kansai Electric Power Hospital

<sup>2)</sup>Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Hyogo University of Health Sciences

宇多恵一郎<sup>1)</sup>, 坂口 顕<sup>2)</sup>  
Keiichiro Uda<sup>1)</sup>, Akira Sakaguchi<sup>2)</sup>

**Key words** : 中足部多発骨折 (Multiple fractures of the midfoot), 足内在筋 (intrinsic muscle of the foot), ショートフットエクササイズ (short foot exercise)

#### 要 旨

両側中足部多発骨折術後の長期間の免荷および固定により足趾可動域制限および歩行時痛を呈した症例を担当した。足部内在筋の伸張性低下および機能低下が可動域制限や疼痛へ影響していると考え、内在筋を選択的に収縮することが可能な Short foot exercise を中心とした運動療法を実施し、良好な成績を得たため報告する。

#### 緒 言

中足部多発骨折術後は長期間の固定と荷重制限を要し、足趾の可動域制限や荷重時痛が残存することが多い。足趾の可動域制限には外在筋および内在筋の柔軟性や腱滑走が関わるため、術後から

いかに筋収縮や腱滑走をさせるかが重要である。

内在筋に対する運動療法として Short foot exercise (以下: SFE) が注目されている。SFE は足趾を屈曲させずに第一中足骨頭を踵へ近づけるように足底の内在筋を収縮させる運動で、足趾の運動であるタオルギャザーに比べ母趾外転筋の筋活動が大きく、内在筋を選択的に収縮させることが可能である<sup>1)2)</sup>。足底腱膜炎や扁平足に対する多数の報告がある一方、中足部骨折術後症例に対し SFE を行なった報告はない。

今回、両側中足部多発骨折を受傷し、長期間の固定や荷重制限に起因する可動域制限や荷重時痛を有する患者に対し、SFE を中心とした運動療法を行ったことで良好な成績を得たため報告する。

#### 症 例

症例は50歳代女性で、現病歴は自宅2階ベランダからの転落で、両足部骨折(右:内側楔状骨, 第1~4中足骨底部, 第3~5中足骨頭, 立方骨, 左:外側楔状骨, 第1~4中足骨底部, 立方骨)を

(2022/12/27 受付)

連絡先: 宇多恵一郎 〒553-0003 大阪府大阪市福島区  
福島 2-1-7 関西電力病院リハビリテーション部  
TEL: 06-6458-5821 FAX: 06-6458-0347  
E-mail: uda.keiichiro@b2.kepco.co.jp



図1. 受傷時 足部単純X線像. 左:左足 右:右足



図2. 受傷時右足CT冠状断 第3-5中足骨頭骨折, 立方骨骨折が確認される



図3. 受傷時左足CT冠状断

左図:立方骨, 楔状骨, 第2, 3中足骨底骨折が確認される

右図(左図より2スライス頭側):立方骨, 第1中足骨底, 第4中足骨底骨折が確認される



図4. 術後足部単純X線像 左:左足 右:右足

受傷した。(図1, 2, 3) 受傷翌日に経皮的鋼線固定術が施行され,(図4) 手術後10日に足関節可動域練習を開始, 手術後6週で鋼線抜去, 足趾可動域練習と前足部免荷装具(図5)を装着下に踵荷重を開始した.その後段階的に荷重量を増やし, 手術後12週で装具を除去し前足部荷重を開始した.

### 理学療法経過

理学療法開始時(手術後10日目)の評価では, 足関節背屈可動域は $-20^{\circ}/-15^{\circ}$ (右/左, 以下同順)の尖足位であった. Numerical Rating Scale(以下:NRS)7~8の疼痛, および腫脹が認めら



図5. 踵から中足部にインソールを挿入し、前足部の免荷を図った(アドバンフィット株式会社, 踵骨免荷プレイスシステム, 許可を得て掲載)

れた。両下肢免荷であったが、車椅子への移乗および駆動は自立した。足関節の他動背屈可動域練習は、踵骨を遠位へ牽引しピンニング部に負荷が加わらないように行った。足関節の自動運動は足趾の運動を伴わないように注意して実施した。これらを手術後6週まで継続した。

手術後6週の可動域は足関節背屈 $20^{\circ}/20^{\circ}$ 、足関節底屈位、背屈位においても母趾Metatarsophalangeal(以下:MTP)関節伸展 $50^{\circ}/40^{\circ}$ 、屈曲 $20^{\circ}/20^{\circ}$ であった。前足部免荷装具を両側に装着し両松葉杖を用いて歩行が自立したため自宅に退院した。

手術後12週で装具除去、前足部荷重を許可されたが、荷重時にNRS4の疼痛が左中足部に生じ、「痛みのために歩きづらい」という訴えがみられた。可動域は母趾MTP関節伸展 $50^{\circ}/40^{\circ}$ 、屈曲 $30^{\circ}/25^{\circ}$ であった。また、母趾外転筋・短母趾屈筋に硬結、および強い圧痛がみられた。母趾MTP関節の副運動は左右とも保たれていた。母趾の筋力はManual muscle testing(MMT)でInterphalangeal(以下:IP)関節屈曲3、MTP関節屈曲2、外転2とそれぞれ筋力低下が認められた。踵あ

げ動作は疼痛のため困難であった。スクワット動作では、脛骨の前傾に伴い左第1中足骨の回内が確認された。以上の所見から、可動域制限や荷重時痛の原因は外在筋より内在筋のスバズムや伸張性低下にあると考えられた。母趾外転筋、短母趾屈筋の滑走改善を目的にSFEを、筋柔軟性改善を目的に温熱療法(超音波, 3MHz, 7分)、ダイレクトストレッチを行った。即時的に母趾MTP関節伸展可動域の増加(MTP関節伸展 $50^{\circ}/40^{\circ} \rightarrow 55^{\circ}/45^{\circ}$ )、圧痛や荷重時痛の軽減(NRS4 $\rightarrow$ 2)が得られたため、これらを継続して行った。

### 倫理的配慮

本症例に対し、論文投稿についてあらかじめ十分に説明し、自由意志に基づき同意を得た。

### 結果

手術後20週の可動域(右/左)は母趾MTP関節伸展 $75^{\circ}/60^{\circ}$ 、屈曲 $40^{\circ}/40^{\circ}$ 、荷重時痛と内在筋の圧痛は消失し、片脚で踵あげ動作が可能となった。(図6)MMTは母趾MTP関節屈曲4、外転4であった。疼痛および可動域の経過を表1に示す。JSSF中足部評価は87点、SAFE-Qは痛み97.2、身体機能93.2、社会生活機能100、靴関連75.0、全体的健康感100であった。

### 考察

足根骨骨折術後の後療法について、中足骨骨折では術後5~6週の足趾固定を設けることが多い<sup>3)</sup>。一方、立方骨骨折では足趾の固定は必要ないものの前足部への荷重や全荷重が開始されるまで6~10週程度の期間が必要である<sup>4)</sup>。それぞれ単独での受傷では術後成績は良好であるが、複合損傷や中足骨頭骨折では疼痛や可動域制限が残存する報告も散見される<sup>5)6)</sup>。さらに本症例は両足部の骨折であったため、部分荷重の遵守が困難であり先行研究よりも前足部荷重は遅らせる方針をとった。

関節の固定による骨格筋への影響について、関節固定後4~5週の関節可動域制限の主な責任病巣は筋組織である<sup>7)</sup>。また、正常歩行では母趾外転



図6. 片脚踵あげ動作 左：左足 右：右足

表1. 疼痛, 可動域の経過

	手術後10日	手術後6週	手術後12週	手術後20週
疼痛 (NRS)	7~8	0	4	0
母趾 MTP 関節伸展 [°]		50/40	50/40	75/60
母趾 MTP 関節屈曲 [°]		20/20	30/25	40/40
足関節背屈 [°]	-20/-15	20/20	20/20	20/20

筋や短母趾屈筋は、母趾中足骨頭が接地してからつま先離地にかけて、つまり前足部荷重によって収縮される<sup>8)</sup>。

以上から、本症例は固定および前足部免荷により、内在筋が伸張、収縮されない期間が長期におよび、機能低下が引き起こされたと考えられた。

本症例の歩行時痛は、左立脚後期における第1、第2中足骨底部背側に認められた。また、スクワット動作では第一中足骨の回内が認められ、リスフラン関節第一列において不安定性および内側縦アーチを保持する機能が低下していると推察された。従って、母趾 MTP 関節の伸展制限のため、立脚後期にリスフラン関節の伸展が代償することで繰り返し加わった機械的刺激が疼痛の原因であると考えられた。

SFE は足趾の IP 関節を屈曲せず中足骨頭を踵へ近づけることで内在筋の収縮や内側縦アーチを高めることができる運動である<sup>1)9)</sup>。また、運動の効果として SFE を 8 週間継続することで母趾外転筋の筋肥大が生じたと報告されており<sup>10)</sup>、足部内在筋を選択的に収縮させることができるため有用とされている。今回、術後 12 週以降、足部内在筋

の柔軟性、および滑走の改善を目的に理学療法を実施した結果、母趾伸展可動域の増大、および歩行時痛が改善した。

今回の反省として、固定が除去された手術後 6 週より SFE を開始し、内在筋に対する運動療法を行なっていれば、介入期間を短縮し得たと考えられた。足部の骨折の術後理学療法において内在筋に対し固定期間中から行えるアプローチ方法を検討する必要がある。

## 文 献

- 1) Jung DY, Kim MH, Koh EK, et al. A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch during toe curl and short foot exercises. *Phys Ther Sport* 2011; 12 (1): 30-5.
- 2) 廣田健斗, 渡邊耕太, 根岸奎輔他. 足趾屈曲方法の違いが足部内在筋と外在筋の活動に与える影響—超音波エラストグラフィを用いた評価. *日本臨床スポーツ医学会誌* 2021; 29 (2): 158-63.
- 3) 藤由崇之. 足部と足関節周囲骨折に対する経皮的 K-wire, 経皮スクリュー固定の適応と有用性. *整形外科サージカルテクニック* 2021; 11 (6): 751-9.
- 4) 蛭原宗大, 井上和久, 島田信治他. 単独立方骨粉碎骨折に対してロッキングプレートを使用して骨接合を行なった 1 例. *整外災外* 2019; 68 (4): 684-6.

- 5) 阿波康成, 西口 茂, 藤原弘之他. 交通外傷により生じた Lisfranc 関節損傷の 1 症例の治療経験. 中部整災誌 2011 ; 54 : 243-4.
- 6) Dutkowsky J, Freeman BL. Fracture-Dislocation of the Articular Surface of the Third Metatarsal Head. Foot and Ankle 1989 ; 10 : 43-4.
- 7) 沖田 実. 関節可動域制限 : 病態の理解と治療の考え方. 第 2 版. 東京 : 三輪書店 ; 2019. 62-6.
- 8) Perry J, Burnfield JM, 武田 功 (訳). ペリー一歩分析 : 正常歩行と異常歩行. 第 2 版. 東京 : 医歯薬出版 ; 2012. 46-7.
- 9) Gooding TM, Feger MA, Hart JM, et al. Intrinsic foot muscle activation during specific exercises : a T2 time magnetic resonance imaging study. J Athl Train 2016 ; 51 : 644-50.
- 10) Jung DY, Koh EK, Kwon OY. Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus : a randomized controlled trial. J Back Musculoskelet Rehabil 2011 ; 24 (4) : 225-31.



# 歩行時の足向角の違いが足底圧に与える影響

## The effects of foot progression angle on the plantar pressure during gait

広島大学大学院医系科学研究科

Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University

石田 礼乃, 前田 慶明, 黒田 彩世, 浦辺 幸夫  
Ayano Ishida, Noriaki Maeda, Sayo Kuroda, Yukio Urabe

**Key words** : 歩行分析 (gait analysis), 足角 (foot progression angle), 足底圧 (plantar pressure)

### 要 旨

足部の障害予防を目的とし、健常成人男女14名を対象に歩行中の足向角の違いがプッシュオフ時の足底圧に与える影響を検討した。足向角条件は、指示なし歩行、toe-in歩行、toe-out歩行の3つとし、前足部の足底圧を母趾側と小趾側に分けて測定した。結果は、母趾側の足底圧は、全条件で小趾側の足底圧より高値を示す傾向にあった。足向角条件間で比較すると、toe-out歩行で高値を示し、toe-in歩行で低値を示した。足向角の違いが、プッシュオフ時の対側への体重移動に影響し、母趾側の足底圧が変化していたと考えられる。足向角を変えることで、歩行中に足底圧が最大となるプッシュオフ時の足底圧分布を調整することができ、足部の障害予防につながる可能性が示唆された。

### 緒 言

歩行は、最も身近な運動や移動手段である。歩行では、プッシュオフ時に前足部足底圧がピークを迎えるとされ、第2中足骨頭を中心に母趾側に高い足底圧が加わる<sup>1)</sup>。しかし、前足部への過剰な足底圧は胼胝や中足骨疲労骨折などの障害の原因となるとされており、足底圧分布を調整することが重要である<sup>2)</sup>。

足底圧に影響を及ぼす要素のひとつに足角がある<sup>3)</sup>。足角は、進行方向と足部の長軸がなす角と定義され、変形性膝関節症患者への歩行指導に利用されるほか、歩行時のバランス能力に影響するなど<sup>4)</sup>、臨床現場でも頻繁に用いられる重要な項目である。若年者の歩行時の平均的な足角は、約1.6°から6.4°とされているが、足角には性別や年齢などの複数の因子が関与しており<sup>5)</sup>、足のつま先が内方を向く（以下、toe-in）者や、外方を向く（以下、toe-out）者など、個人差がある。足角と足底圧の関係について先行研究では、母趾側の足底圧はtoe-out歩行で高値を示し、小趾側の足底圧はtoe-in歩行で高値を示すといわれているが<sup>3)</sup>、これらは裸足の状態で測定したものが多い。日常生活では、靴を履いた状態で歩行するため、靴内の足底圧を測定することでより日常生活へ還元するこ

(2022/12/22 受付)

連絡先：石田 礼乃 〒734-8553 広島県広島市南区霞  
1-2-3 広島大学大学院医系科学研究科  
TEL：082-257-5405（浦辺研究室）  
（石田礼乃：080-6248-9750）  
E-mail：（石田礼乃）ayano-ishida@hiroshima-u.ac.jp

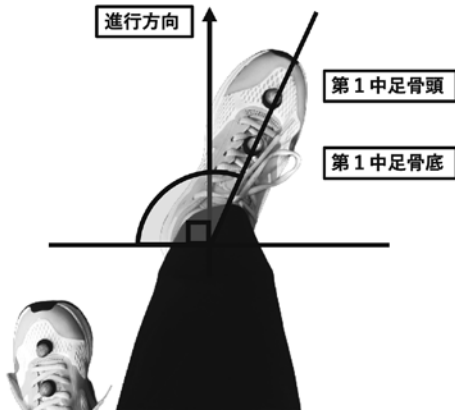


図1. 本研究における足向角の定義

とができると考えるが、靴内の足底圧を調査した研究は見当たらない。

本研究では、歩行時につま先の向きの違いに伴う靴内の前足部足底圧の変化を調査し、足部の障害予防につなげることを目的とした。仮説は、1) 前足部全体の足底圧はつま先の向きにより変化しない、2) つま先の向きに関わらず母趾側の足底圧は小趾側の足底圧より高値を示す、3) 母趾側の足底圧は toe-out 歩行で最も高値を示す、とした。

## 方 法

対象は健康成人 14 名 (男性 7 名, 女性 7 名) とした。除外基準は、下肢に整形外科的疾患の既往および手術歴のある者とした。

対象の基本情報は、年齢 (平均±標準偏差) 22.2 ± 3.1 歳, 身長 167.3 ± 6.8 cm, 体重 57.6 ± 6.7 kg, Body Mass Index 20.5 ± 1.8 kg/m<sup>2</sup> であった。

課題動作は、トレッドミル (T616 Treadmill, SportsArt 社) 上での歩行動作とした。測定の場合は、指示を行わない自然な歩行 (以下、指示なし歩行), toe-in 歩行, toe-out 歩行の 3 条件とし、順序は無作為に行った。各条件で「いつも通り歩いてください」「つま先を内側に向けて歩いてください」「つま先を外側に向けて歩いてください」と指示した。測定開始前に 3 分間の練習を実施した。靴は、普段履いているものを使用した。

本研究では、図 1 に示す通り、靴の上から触診し、第 2 中足骨頭と第 2 中足骨底の直上に貼付されたマーカーを結ぶ直線と、進行方向に対する垂直な直線がなす内側の角を足向角と定義し、足角の代わりに用いた。この定義を用いることで、0-90 度を toe-in, 90-180 度を toe-out として、角度を数値で表した際に連続変数で表現することができる。2 台の iPhone 8 (Apple 社) を同期し、サンプリング周波数 240 Hz で、歩行の妨げにならないように歩行時の足部を前上方と側方から撮影した。側方からの動画で足底接地のタイミングを判断した。トレッドミル上には、進行方向に平行な線とこの平行線に対して垂直な線をひき、前上方からの動画では、これらの線と足の位置関係を撮影した。動画解析ソフト Tracker (National Science Foundation) を使用して、足に貼付したマーカーと進行方向に対して垂直に引いた線から足向角を解析し、右足 10 歩分の足向角の平均値を算出した。

足底圧の測定には、図 2a に示すインソール型足底圧分布センサ Pedar-X mobile in-shoe system (novel 社) を使用した。図 2b に示す通り、足底圧シートの 99 個のセルを前足部で母趾側と小趾側の区画に分け、前足部全体、母趾側、小趾側の区画でそれぞれのピーク圧を算出した。ピーク圧は、各区画の中で最も高い足底圧を記録したセルの足底圧を用いた。解析区間は踵接地から足趾離地とし、ピーク圧を体重で除し正規化した値 (kPa/kg) を採用した。

統計学的解析には EZR ver.1.41 (自治医科大学附属さいたま医療センター) を使用した。正規性の確認には Shapiro-Wilk の検定を行った。足向角と前足部全体の足底圧を足向角条件間で比較するために、正規性がある場合は一元配置分散分析、正規性がない場合は Friedman 検定を行った。足向角条件の違いが足底圧へ与える影響を確認するために足向角 (指示なし歩行, toe-in 歩行, toe-out 歩行) と区画 (母趾側, 小趾側) を要因とする二元配置分散分析を行った。交互作用を認めた場合



図 2

- a. インソール型足圧分布センサ Pedar-X mobile in-shoe system  
 b. 足底圧シートの分割方法

表 1. 足向角 (°) と前足部全体の足底圧 (kpa/kg) の結果

	toe-in 歩行	指示なし歩行	toe-out 歩行
足向角 (°)	76.01 ± 5.69**	94.80 ± 3.34**	111.53 ± 6.74##
足底圧 (kpa/kg)	6.59 ± 1.45	6.88 ± 1.83	7.21 ± 2.15

(Mean ± SD)

\*\* : p &lt; 0.01 (vs 指示なし歩行) \*\* : p &lt; 0.01 (vs toe-out 歩行) ## : p &lt; 0.01 (vs toe-in 歩行)

には事後検定として、各足向角条件で母趾側の足底圧と小趾側の足底圧を比較するために、対応のある t 検定を行った。有意水準は 5% とした。

## 結 果

足向角と前足部全体の足底圧を表 1 に示す。正規性の検定の結果、足向角と足底圧のデータには全て正規性を認めた。足向角は、toe-out 歩行、指示なし歩行、toe-in 歩行の順に高値を示し、有意差を認めた (p < 0.01)。前足部全体の足底圧は、toe-in 歩行と toe-out 歩行 (p = 0.66)、指示なし歩行と toe-in 歩行 (p = 0.92)、指示なし歩行と toe-out 歩行 (p = 0.89) の間には有意な差を認めなかった。

歩行時の区画ごとの足底圧を表 2 に示す。区画と足向角に交互作用、区画には主効果を認めた (p < 0.01)。区画と足向角の交互作用は、各区画の足

底圧が足向角の違いに伴い異なる変化をしたことを示している。区画の主効果は、各区画の足底圧が足向角の違いに伴い有意に変化したことを示す (p < 0.01)。Toe-in 歩行では、母趾側の足底圧と小趾側の足底圧に差はみられず (p = 0.38)、指示なし歩行と toe-out 歩行では母趾側の足底圧は小趾側の足底圧より有意に高値を示した (p < 0.01)。

## 考 察

本研究は、歩行時の足向角の違いがプッシュオフ時の前足部足底圧に与える影響を調査することを目的に、3つの足向角条件で前足部足底圧を比較した。結果を仮説と対比させて示す。1) 前足部全体の足底圧は足向角条件間で差がなく、仮説を支持した。2) 指示なし歩行と toe-out 歩行では、母趾側の足底圧は小趾側よりも有意に高値を示し、toe-in 歩行では有意差はないが母趾側の足底

表 2. 区画ごとの足底圧の結果 (kpa/kg)

	区画		主効果 (区画)	交互作用	t 検定
	母趾側	小趾側	p 値	p 値	p 値
toe-in 歩行 (kpa/kg)	3.52 ± 1.04	3.36 ± 1.14			0.38
指示なし歩行 (kpa/kg)	4.07 ± 1.49	2.79 ± 0.60	<0.01	<0.01	<0.01
toe-out 歩行 (kpa/kg)	5.21 ± 1.81	2.01 ± 0.63			<0.01

(Mean ± SD)

圧が高値を示す傾向にあった。3) 母趾側の足底圧は足向角条件のうち、toe-out 歩行で最も高値を示す傾向を認め、仮説と一致した。

まず、1) 前足部全体の足底圧は条件間で差がなく、足向角の影響を受けないことが示された。

次に、2) 指示なし歩行と toe-out 歩行では、母趾側の足底圧は小趾側よりも有意に高値を示し、toe-in 歩行では有意差はないが母趾側の足底圧が高値を示す傾向にあった。一般的な歩行では、立脚相の約 60% で踵が離床するが、この時に身体重心を対側へ移動させるために、足圧中心 (Center of pressure: 以下, COP) は内側方向への移動を開始する。立脚相の約 75% でプッシュオフとなり、この時 COP は内側中足骨や母趾を通過する<sup>6)</sup>。本研究でも、COP は同様の軌跡をたどり、プッシュオフ時には前足部母趾側に移動していたと推察される。そのため、母趾側の足底圧が小趾側の足底圧より高値を示し、本研究では、足向角の違いに関係なく同様の傾向を示したと考えた。

本研究では、3) 母趾側の足底圧が toe-out 歩行で高値を示す傾向を認めた。この要因に、進行方向に対する足部の方向があげられる。toe-out 歩行では、進行方向に対して足部が外側を向いているため、プッシュオフ時の足部外転モーメントが増加することが報告されており<sup>7)</sup>、その結果、前足部母趾側の足底圧が高値を示したと考える。さらにこの時、床反力内側方向成分も高値を示すことが明らかとなっている<sup>8)</sup>。歩行時には、床反力内側方向成分が大きいほど身体重心の対側への移動は加速するといわれていることから、toe-out 歩行では COP の前足部内側方向への移動が加速したと推

察する。これらの理由によって、本研究では母趾側の足底圧が toe-out 歩行で高値を示したと考察した。これは、裸足条件で測定した先行研究と同様の結果であり、足向角に伴う足底圧の変化は靴を履いた条件でも裸足条件と同様の傾向を示すことが示された。

今後の展望として歩行指導への応用がある。本研究では、前足部全体の足底圧は変化せず各区画の足底圧が変化し、前足部内の足底圧分布が変化したことがわかる。そのため、足部の不安定性や障害により足底圧分布を調整する必要のある人に対し、足向角を変えた歩行が効果的である可能性がある。そのほかにランニング動作への発展がある。前足部の足底圧は速度に伴い増加するため<sup>9)</sup>、ランニングでは足底圧がパフォーマンスや障害発生に強く関連し、重要になるためである。本研究は、床反力やモーメントを測定しておらず総合的な判断には至らないため、今後は測定項目を増やすことでさらに考察を深めたい。

## 結 語

1. 歩行時の足向角の違いが、靴内の前足部足底圧に与える影響を調査した。

2. 区画ごとの足底圧を比較すると、指示なし歩行と toe-out 歩行では、母趾側の足底圧が小趾側の足底圧よりも有意に高値を示し、toe-in 歩行では有意な差はないが母趾側の足底圧が高値を示す傾向を認めた。

3. 母趾側の足底圧は、足向角条件のうち toe-out 歩行で最も高値を示した。

文 献

- 1) Hayafune N, Hayafune Y, Jacob HAC. Pressure and force distribution characteristic under the normal foot during the push-off phase in gait. *The Foot* 1999 ; 9 : 88-92.
- 2) Weist R, Eils E, Dieter R. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *Am J Sports Med* 2004 ; 32 : 1893-98.
- 3) Dieter R. Foot loading patterns can be changed by deliberately walking with in-toeing or out-toeing foot modifications. *Gait & Posture* 2013 ; 38 : 1067-69.
- 4) Khan SJ, Khan SS, Usman J. The effects of toe-out and toe-in postures on static & dynamic balance, risk of fall and TUG score in healthy adults. *The Foot* 2019 ; 39 : 122-8.
- 5) 村田 伸, 忽那龍雄, 北山智香子. 最適歩行と最速歩行の相違—GAITRiteによる解析—. *理学療法科学* 2004 ; 19 : 217-22.
- 6) Chiu MC, Wu HC, Chang LY. Gait speed and gender effects on center of pressure. progression during normal walking. *Gait & Posture* 2013 ; 37 : 43-8.
- 7) Lai YC, Lin HS, Pan HF, et al. Impact of foot progression angle on the distribution of plantar pressure in normal children. *Clin Biomech* 2014 ; 29 : 196-200.
- 8) Simpson KJ, Jiang P. Foot landing position during gait influences ground reaction forces. *Clin Biomech* 1999 ; 14 : 396-402.
- 9) Segal A, Rohr E, Orendurff M, et al. The effects of walking speed on peak plantar pressure. *Foot & Ankle International* 2004 ; 25 : 926-33.

# フットプリントを用いた異なる扁平足判断基準間における 互換性の検討

## Compatibility study between different criteria for judging flatfoot using footprint

<sup>1</sup>新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

<sup>2</sup>新潟医療福祉大学 義肢装具自立支援学科

<sup>1</sup>Graduate School of Health and Welfare, Niigata University of Health and Welfare

<sup>2</sup>Department of Prosthetics & Orthotics and Assistive Technology, Niigata University of Health and Welfare

岡部 有純<sup>1</sup>, 阿部 薫<sup>1</sup>, 蓮野 敢<sup>1</sup>, 安松 美咲<sup>2</sup>, 東海林 藍<sup>1</sup>  
Azumi Okabe<sup>1</sup>, Kaoru Abe<sup>1</sup>, Kan Hasuno<sup>1</sup>, Misaki Yasumatsu<sup>2</sup>, Ai Shoji<sup>1</sup>

**Key words** : 扁平足 (flat foot), フットプリント (Footprint)

### 要 旨

フットプリントを用いた扁平足の評価は簡便であるため広く用いられている。しかしその評価基準は諸家により様々な提案がされており統一した基準がなく、研究間比較が困難であるため互換式があれば有用ではないかと考えた。そこで本研究ではフットプリントを用いて扁平足を判断する複数の基準の互換式を作成するための第一段階として、各基準間の互換性について検討することを目的とした。結果全ての組み合わせにおいて0.64~0.90の相関がみられ、互換式への応用ができる可能性が示唆された。しかし本研究で算出した回帰式は全てローデータへの適応が条件となるため、実用化のためにはさらなる検討が必要であろう。

### 緒 言

扁平足の評価はフットプリント、X線、視診、舟状骨高の計測など様々な手法が存在する。中でもフットプリントは簡便かつ非侵襲的な評価の1つとして広く用いられてきた。フットプリントが臨床的な評価として適しているかについては議論の余地があるが、多くの専門家が扁平足を評価するフットプリント以外の指標との相関を示している<sup>1)~4)</sup>ことから、フットプリントによる評価には一定の信頼性があると考えられる。

しかし複数ある基準を評価の目的に応じて、適切に選択する指標については検討されていなかった。そこで我々は国際的に広く用いられている4つの基準の扁平足検出率の違いと各基準の特徴を明らかにすることを目的に実際のフットプリント30足に複数の判断基準を適用し検討した<sup>5)</sup>。その結果、Arch Index (以下 AI)<sup>6)</sup>を適用すると57%、Staheli Index (以下 SI)<sup>7)</sup>では6%、Chippaux-Smirak Index (以下 CSI)<sup>8)</sup>では40%、Clarke's Angle (CA)<sup>9)</sup>では36%のフットプリントが扁平足

(2023/02/01 受付)

連絡先 : 岡部 有純 〒950-3198 新潟県新潟市北区鳥見町 1398 番地 新潟医療福祉大学大学院 義肢装具自立支援学分野  
TEL・FAX : 025-257-4525 (研究室直通)  
E-mail : ham23002@nuhw.ac.jp

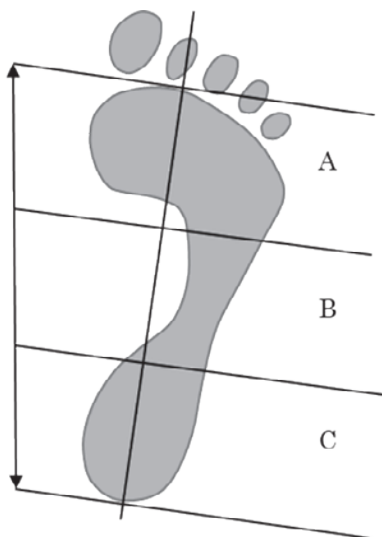


図 1. Arch Index (AI)<sup>5)</sup>

$$B/(A+B+C) \times 100 > 26\%$$

足底部全体 (図中 A+B+C) と中央部 (図中 B) の面積を算出

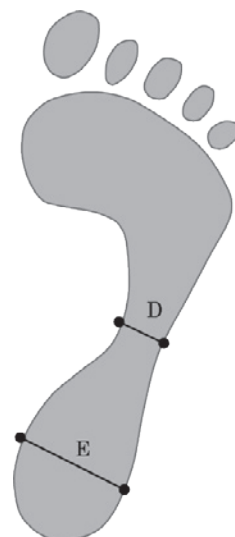


図 2. Staheli index (SI)<sup>5)</sup>

$$D/E > \text{平均} + 2SD$$

アーチの最狭幅 (図中 D) と踵部の最大幅 (図中 E) を計測

であると判定され、最大で 51 ポイントの差異が生じた。このため①検出率の低い SI は有病率の検討や足形の経年変化の追跡などに、②中程度の扁平足も検出する AI と、③分類が細分化されている CSI はそれぞれ適切なケアに繋げるための足の健康指標として、さらに④ CA は臨床現場における一次スクリーニングとして用いると有用性が高いのではないかと考察した。検出率に大きな差異が生じたことから、既存の研究を比較する際には、フットプリントを用いて扁平足を判断している点だけでなく、使用された基準にも留意する必要があると示唆された。このため互換性が存在すれば、異なる基準を使用した研究間比較が容易になると考えた。そこで本研究ではフットプリントを用いて扁平足を判断する複数の基準の互換式を作成するための第一段階として、各基準間の互換性について検討することを目的とした。

## 対象と方法

### 1. 基準の選出

本研究が対象とする評価基準はフットプリント

で扁平足を判定した原著論文において使用頻度の高い評価基準とした<sup>5)</sup>。原著論文は「footprint」と「flat foot OR flat feet OR pes planus OR talipes planus」のキーワードを用いて、Scopus, Pub Med, Google scholar のデータベースなどで検索された日本語および英語の原著論文とした。これらの原著論文で使用頻度の上位 4 基準である AI, SI, CSI, CA を本研究の対象とした。

### 2. 各基準について

#### 《Arch Index (AI)》

第 2 趾先端と踵の中心を結んだ線に対して平行になるように足趾を除いた足底部を 3 分割する。足底部全体 (図 1 A+B+C) と中央部 (図 1 B) の面積を算出し、足底部全体における中央部の割合が 26% を超えるものを扁平足と定義する。(図 1)

#### 《Staheli Index (SI)》

アーチ最狭幅 (図 2 D) と踵部の最大幅 (図 2 E) をそれぞれ計測し、d を e で除した値を求める。母集団全体の平均値を計算し 2 標準偏差以内に収まらないものをそれぞれ扁平足、ハイアーチ

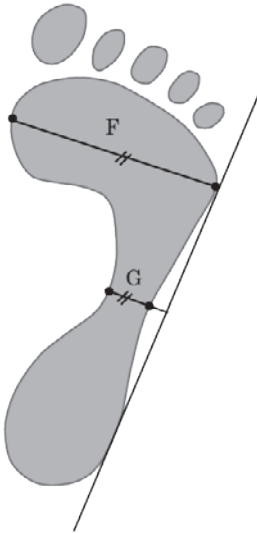


図 3. Chippaux-Smirak index (CSI)<sup>5)</sup>

$G/F \times 100 > 45.1\%$

ボールライン (図中 F) とアーチの最狭幅 (図中 G) を平行に引く

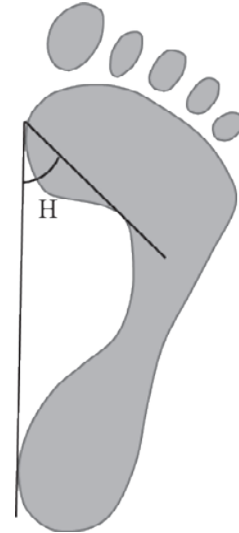


図 4. Clarke's angle (CA)<sup>5)</sup>

$CA < 30^\circ$

第1中足骨頭部とアーチ最深部を結んだ線と内側接線がなす角 (図中 H)

と定義する。(図2)

#### 《Chippaux-Smirak Index (CSI)》

ボールライン (図3 F) と外側接線のなす角を求める。この角度と同じ角度になるようにアーチ部の最も細くなる部位 (図3 G) に線を引き、FとGの長さを計測する。GをFで除した値を%で示し、この値が45.1%以上を扁平足とする。さらに扁平足の中でも45.1~50.0%を grade 1, 50.1~60.0%を grade 2, 60.1%以上を grade 3とする。(図3)

#### 《Clarke's Angle (CA)》

第1中足骨頭部とアーチ最深部を結んだ線と内側接線がなす角 (図4 H) を評価に用いる。この角度が30度未満の場合、扁平足と判断される。(図4)

### 3. 被験者

対象は明らかな足部疾患がなく、本研究に興味を持ち、自発的に研究参加を表明した健常大学生40名80足 (平均±SD: 19.6±0.4歳, 男子20名, 女子20名) とした。

### 4. フットプリント採取方法

フットプリントの採取にはフットプリンター (BAUERFEIND社製) を用いた。フットプリント採取時は両足の間隔を10cm程度開けて立ち、左右均等に体重がかかる自然な立位を取るよう指示した。なおフットプリントは複数回採取し、最も鮮明な画像を1つ選択した。

### 5. 統計分析

採取したフットプリントに対しAI, SI, CSI, CAの4基準をそれぞれ適応し、得られた結果についてスペアマン Spearman の順位相関を用いて回帰分析を行った。各基準で使用する面積、寸法および角度の値は画像解析ソフトImage Jを用いて、それぞれ3回計測し、平均値を採用した。なお信頼性を担保するため検者は1人とし、級内相関係数 ICC (1,3) を算出した。

### 6. 倫理

本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可 (第18774号) を得て行われた。また被験者には本研究の目的、意義について十分に説明し、同意を得た後に計測を行った。なお本研究に関し開示す



表 1. 回帰分析の結果

	AI	SI	CSI	CA
AI		= 0.01 SI - 0.01 (rs = 0.74, **)	= 0.00 CSI + 0.15 (rs = 0.76, **)	= -0.00 CA + 0.34 (rs = 0.66, **)
SI	= 196.80 AI + 30.02 (rs = 0.74, **)		= 1.81 CSI + 1.05 (rs = 0.90, **)	= -1.6 CA + 132.15 (rs = 0.64, **)
CSI	= 115.36 AI + 14.28 (rs = 0.76, **)	= 0.51 SI + 2.80 (rs = 0.90, **)		= -0.87 CA + 71.99 (rs = 0.70, **)
CA	= -94.34 AI + 56.15 (rs = 0.66, **)	= -0.40 SI + 63.98 (rs = 0.64, **)	= -0.77 CSI + 65.51 (rs = 0.70, **)	

(\*\* : p &lt; 0.01)

べき COI はない。

### 結 果

得られた回帰式を表 1 に示した。得られた回帰式は全ての組み合わせで有意なものであったが、特に SI と CSI においては rs が 0.90 と非常に強い相関が得られた。なお、それぞれの ICC (1,3) は 0.991~0.994 であった。また検出率については AI 57.5%, SI 8.8%, CSI 36.3%, CA 32.5% といずれも先行研究<sup>5)</sup>に近似した値であった。

### 考 察

検出率とは扁平足と判断する率（出現率）であり、各基準によって判断基準値（カットオフ値）が異なるため大きく乖離することがある。一方、本研究で算出した繰り返しのある二元配置分散分析による一次比例式を適用した時の相関係数 (rs) については、被験者が同一であるため 4 基準それぞれの組み合わせにおいて有意な相関を示したと考えられる。評価の尺度が異なる基準においても相関がみられたことから、互換式への応用ができる可能性が示唆された。特に強い相関が得られたのは SI と CSI の組み合わせであり、これは SI と CSI がどちらも寸法を評価に用いる基準であることに起因すると考えられた。さらに SI と CSI ではアーチ最狭部が計測部位として共通していることから 0.90 の強い相関が得られたと推察した。

評価尺度に面積を使用している AI と、寸法尺度を使用している SI と CSI において、AI と SI の

相関係数が 0.73、AI と CSI は 0.76 となり、0.90 の相関がある SI と CSI の組み合わせには劣るが強い相関が得られた。これらは評価尺度が面積と寸法の相関であるが、面積とは図形の広さのことであり基本的に寸法の値から算出されるため、強い相関が得られたのではないかと考えた。

全ての組み合わせにおいて有意な相関がみられたが、角度を用いた CA は他の基準との相関係数が 0.64~0.70 となり、他の組み合わせと比較してやや低い傾向にあった。CA は第 1 中足骨頭部とアーチ最深部を結んだ線と内側接線がなす角によって求められるが、アーチ形状の違いにより、これらの位置関係が異なるためではないかと推察した。骨配列による内側縦アーチの頂点は舟状骨であるが、軟部組織も骨配列と全く同じ形状に分布しているわけではない。また足底部の軟部組織は筋肉や靭帯、脂肪など様々な組織によって構成されているが、これらの組成割合も人によって異なり、内側縦アーチの形状にも影響すると考えた。面積や寸法は絶対位置であるのに対し、角度は 2 つの半直線間の隔たりの相対的位置関係を表す情報であるため、個々のアーチ形状による影響が大きいと考えられた。このため CA と他の基準との相関が、CA 以外同士の組み合わせと比較してやや低い傾向にあったと考えられた。

### 結 語

フットプリントを用いて扁平足を評価する 4 つの基準の全ての組み合わせにおいて有意な相関が

みられたことから、互換式への応用ができる可能性が示唆された。本研究で得られた4基準の扁平足検出率の比率を既存の研究論文に適用させるとその母集団における他の基準での解釈が可能である。しかし本研究で算出した回帰式は全てローデータへの適応が条件となる。これを本研究の限界とする。論文等ではローデータが掲載されているケースは少ないため、実用化のためにはさらなる検討が必要であろう。

## 文 献

- 1) Žukauskas S, Barauskas V, Čekanauskas E. Comparison of multiple flatfoot indicators in 5-8-year-old children. *Open Med (Wars)* 2021 ; 16 (1) : 246-56.
- 2) Fuentes-Venado CE, Ángeles-Ayala A, Salcedo-Trejo MS, et al. Comparative assessment of flatfoot in pre-school children. *Bol Med Hosp Infant Mex* 2020 ; 77 (6) : 312-9.
- 3) Pita-Fernández S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, et al. Validity of Footprint Analysis to Determine Flatfoot Using Clinical Diagnosis as the Gold Standard in a Random Sample Aged 40 Years and Older. *J Epidemiol* 2015 ; 15 (2) : 148-54.
- 4) Chuckpaiwong B, Nunley JA 2nd, Queen RM. Correlation between static foot type measurements and clinical assessments. *Foot Ankle Int* 2009 ; 30 (3) : 205-12.
- 5) Okabe A, Abe K, Hasuno K, et al. Differences in and characteristics of four criteria for assessment of flat-foot. *Niigata Journal of Health and Welfare* 2022 ; 22 (1) : 32-40.
- 6) Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index : a useful measure from footprints. *J Biomech* 1987 ; 20 (5) : 547-51.
- 7) Staheli L, Chew D, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987 ; 69 : 426-8.
- 8) Tománková K, Přidalová M, Gába A. The impact of obesity on foot morphology in women aged 48 years or older. *Acta Gymnica* 2015 ; 45 : 69-75.
- 9) Clarke HH. An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations, research quarterly. *American Physical Education Association* 1933 ; 4 (3) : 99-107.

シンポジウム

## 内反型変形性足関節症に対する外側楔付足底挿板の有効性

—保存治療が継続可能か見極めへの挑戦—

### Clinical outcomes of lateral wedge insole in the patients with varus ankle osteoarthritis

奈良県立医科大学 整形外科学教室

Dept. of orthopaedic surgery Nara Medical University

黒川 紘章, 谷口 晃, 上野 優樹,

宮本 拓馬, 田中 康仁

Hiroaki Kurokawa, Akira Taniguchi, Yuki Ueno,

Takuma Miyamoto, Yasuhito Tanaka

**Key words** : 外側楔付足底挿板 (lateral wedge insole), 内反型変形性足関節症 (varus ankle osteoarthritis), 保存治療 (conservative treatment), 高倉田中分類 (Takakura-Tanaka classification), 荷重時距骨傾斜角 (talar tilt angle of weight bearing)

#### 要 旨

平均年齢70歳, BMI24, 高倉田中分類で stage 2, 3a, 3b, 4 が各 10, 19, 6, 3 関節の未治療の内反型変形性足関節症 38 関節に対して外側楔付足底挿板を用いた保存治療を施行した. 保存治療の継続が可能かどうかを, 多重ロジスティック回帰分析で, 手術治療への変更の有無を目的変数, 初診時の年齢, BMI, 高倉田中分類, SAFE-Q を説明変数として解析した. 保存治療が可能であったのは 27 関節で, 高倉田中分類が危険因子として有意であった. また, stage 3a, 3b, 4 における画像評価として, 保存治療が可能であった症例の荷重時距骨傾斜角が  $3.1^\circ$  であったのに対して, 手術治療を要した症例は  $8.4^\circ$  と有意に距骨は内反してお

り, カットオフ値は  $8.0^\circ$  であった.

#### 緒 言

変形性足関節症 (OA) の有病率は約  $6\%^{1)}$  であり, 末期 OA における機能障害や日常生活への影響の大きさは膝や股関節など他の荷重関節における関節症と同等といわれている<sup>2)3)</sup>. 海外では足関節果部骨折などの関節内骨折に続発する二次性 OA が多いのに対して, 本邦においては一次性内反型 OA が多く, 正座や胡座といった独特の生活習慣との関連が示唆されている<sup>4)</sup>. 初期 OA では距腿関節の内反変形を距骨下関節が外反することで代償している. しかし, OA の進行とともに代償機能は追い付かなくなり距腿関節と距骨下関節を含めて後足部全体として内反する<sup>5)6)</sup>.

内反型 OA に対する保存治療として, 内側に偏位した荷重線を外側へ移動させるために外側楔付足底挿板 (足底板) が使用される. (図 1) しかし, 保存治療に抵抗性の症例に対しては, 下位脛

(2022/12/27 受付)

連絡先: 黒川 紘章 〒634-8522 奈良県橿原市四条町  
840 奈良県立医科大学整形外科学教室  
TEL: (0744) 22-3051 FAX: (0744) 25-6449  
E-mail: blackandriver@hotmail.co.jp

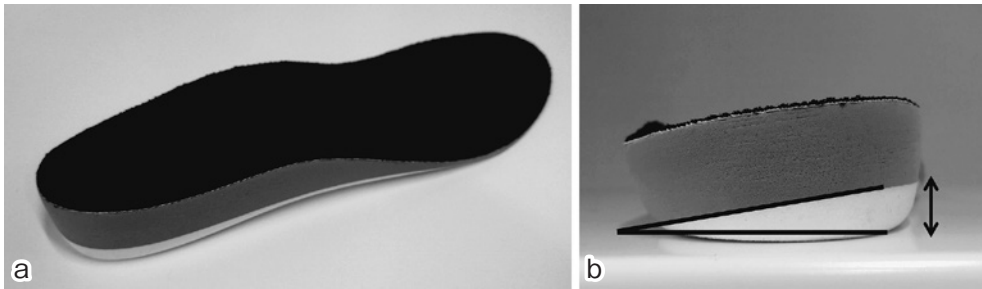


図1. 外側楔付足底挿板

- a) MTP 関節付近まで楔型にする  
b) 変形の程度に合わせて楔の高さを調節する

骨骨切り術などの骨切り術や足関節固定術，人工足関節置換術などの手術治療が選択される．手術治療においては良好な成績が多数報告されている一方で，やはり合併症の存在も無視できない．したがって，未治療の症例に対して治療を開始する場合は，保存治療から開始し，保存治療抵抗性の症例にのみ手術治療が検討されるべきであろう．よって，保存治療が継続できるのか，手術治療への変更が必要となるのかを初診時にある程度予測を立てて診療することが出来れば非常に有効である．

今回，我々は未治療の内反型 OA に対して足底板による保存治療の限界について初診時の臨床評価 (Part 1) と，その結果をもとにした，単純 X 線の特徴 (Part 2) について調査したため報告する．

### 対象と方法 (Part 1)

2013 年から 2021 年で保存治療を希望する未治療の内反型 OA に対して，足底板を処方し，6 ヶ月以上経過観察が出来た連続する 38 症例 47 関節で，初診時に足部足関節質問票 (SAFE-Q) の評価が出来た 30 症例 38 関節を対象とした．保存治療の内容として足底板に加えて，疼痛の程度に合わせて，適宜消炎鎮痛剤の処方や，関節腔内注射を併用した．多重ロジスティック回帰分析で，手術治療への方針変更の希望の有無を目的変数，初

診時の年齢，BMI，高倉田中分類，SAFE-Q の各下位尺度を説明変数として解析した．

### 結 果 (Part 1)

今回用いた足底板の外側楔の高さは平均 6.4mm (0 から 12mm) であった．(図 2) 初診時平均年齢 70 歳 (57 から 85 歳)，BMI24 (18 から 34)，高倉田中分類の stage 2, 3a, 3b, 4 が各 10, 19, 6, 3 関節であった．SAFE-Q は痛み関連 56 (17 から 100)，身体機能 59 (11 から 96)，社会生活機能 59 (0 から 100)，靴関連 58 (0 から 100)，全体的健康感 62 (5 から 95) であった．

手術治療への変更を希望したのは 10 例 11 関節で，保存治療開始後平均 9.5 ヶ月 (2 から 28 ヶ月) で希望された．保存治療を継続した 20 例 27 関節の平均経過観察期間は 35 ヶ月 (8 から 81 ヶ月) であった．初診時の高倉田中分類のみが  $p=0.03$ ，OR : 0.042 (95% CI : 0.002-0.762) と危険因子として有意であった．

### 対象と方法 (Part 2)

Part 1 での結果をもとに，各 stage の成績を示す．(図 3) Stage 2 では全症例で保存治療が継続可能であったのに対して，stage 3a 以降では手術治療が必要な症例が認められた．

そこで，stage 3a, 3b, 4 の 28 関節を対象として，保存治療が継続できた保存治療群 17 関節と手

<b>stage</b>	<b>2</b>	<b>3a</b>	<b>3b</b>	<b>4</b>
<b>関節</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>wedge(mm)</b>	<b>4.3(0-9)</b>	<b>7.8(0-11)</b>	<b>9.8(9-12)</b>	<b>2.7(0-8)</b>

図2. 対象の高倉田中分類と楔の高さ

高倉田中分類	stage 2	stage 3a	stage 3b	stage 4
関節	10	19	6	3
保存治療	10	14	2	1
手術へ変更	0	5	4	2

図3. 治療結果

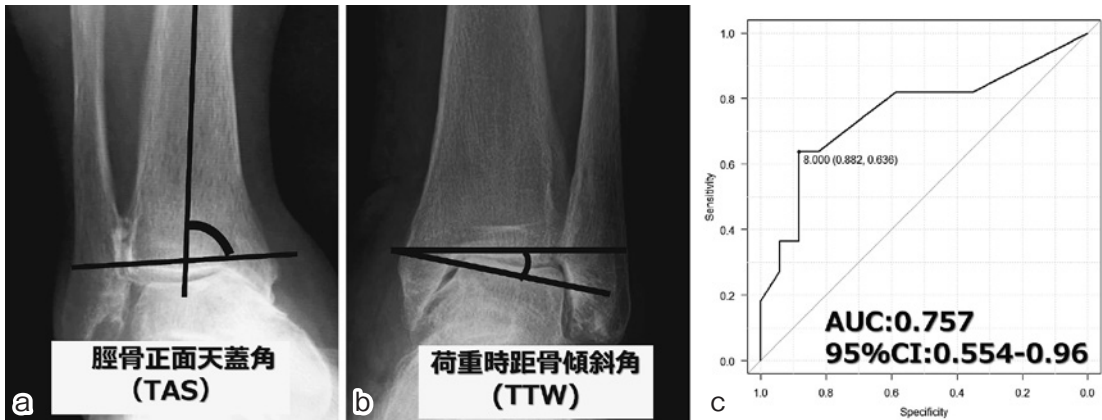


図4. 荷重時足関節正面 X 線と TTW の ROC 曲線

- a) 脛骨正面天蓋角 (TAS)
- b) 荷重時距骨傾斜角 (TTW)
- c) TTW のカットオフ値は 8.0 であった

術治療への変更が必要となった手術治療群 11 関節の 2 群間で荷重時単純 X 線の足関節正面像を用

いて初診時の脛骨正面天蓋角 (TAS) と荷重時距骨傾斜角 (TTW) を計測した。

## 結 果 (Part 2)

保存治療群では TAS が  $83^\circ$  (79 から  $88^\circ$ )、手術治療群が  $84^\circ$  (80 から  $89^\circ$ ) で有意差は認めなかった。TTW においては保存治療群が 3.1 (0 から  $13^\circ$ ) であったのに対して、手術治療群は  $8.4^\circ$  (0 から  $17^\circ$ ) と有意に手術治療群が大きかった ( $p < 0.01$ )。

TTW の結果から ROC 曲線を描き、曲線下面積値とカットオフ値を算出した。曲線下面積値は 0.76 でカットオフ値が TTW  $8.0^\circ$  であった。この時の感度が 0.64 で特異度は 0.88 であった。(図 4)

## 考 察

内反型 OA は変形の進行とともに距腿関節で距骨は内反、内旋する。この変形を代償するように距骨下関節で踵骨は外反、外旋する。しかし変形の進行に伴い、代償機能が追いつかなくなり、後足部全体として内反変形していく<sup>6)</sup>。足底板の有効性についてバイオメカニクスの観点から、外側を楔型にすることで前足部内側と後足部内側の足底圧を減らすことが出来る<sup>7)</sup>。一般的に、足底板の適応は、内反変形が進行していなくて、距骨下関節での代償機能が機能している初期 OA が中心であり、代償機能が追いつかなくなっているような末期 OA では、かえって踵骨の内反を増悪させる可能性があるため注意が必要である。しかし、一方で初期から末期までの症例に対して、SAFE-Q をもちいた足底板の治療成績を評価したところ、疼痛の改善は得られなかったが、社会生活機能や全体的健康感改善し、足底板を使用しているも靴の満足度は改善していたことも報告されている<sup>8)</sup>。

今研究ではどのような症例に対して足底板による保存治療が可能であるか調査したところ、Part 1 の多重ロジスティック回帰分析の結果から、保存治療が継続可能かどうかの危険因子は治療開始時の高倉田中分類であり、開始時の年齢や BMI、SAFE-Q の各下位尺度での評価は危険因子とならないことが分かった。Stage 2 の初期 OA では 10

関節全症例で保存治療の継続が可能であった。これに対して stage 3a 以降の症例においては保存治療の継続が困難な症例が認められた。症例数は少ないものの stage 3b や stage 4 の末期 OA でも 9 関節のうち、3 関節で手術治療への変更なしに保存治療で対応できた。

Part 2 では stage 3a 以降の症例において単純 X 線を用いて治療開始時の内反変形の程度と保存治療の適応の限界との関係を調査した。この結果から初診時 TTW が  $8.0^\circ$  以上であった場合、約 90% の症例で手術治療が必要となることが分かる。

また、stage 3a と stage 3b の自然経過に関して TTW が  $2^\circ$  以上の症例に関しては  $0.44^\circ$ /年の割合で TTW は増悪していく<sup>9)</sup>。今回の結果をあわせて、自然経過を考えながら保存治療を継続することで、年齢や職業などの患者背景を鑑みながら、保存治療の限界が来る時期や、手術治療への変更が必要となる時期をあらかじめ説明しておくことが出来る。そうすることで、適切な時期に適切な治療を提供できると考えられた。

## 結 語

内反型 OA に対して足底板による保存治療が継続できるかどうかは、初診時の高倉田中分類が大切である。

stage 2 までの症例であれば、保存治療が可能であるが stage 3a 以降になると手術への治療方針の変更が必要となってくる。

治療開始時の TTW が  $8.0^\circ$  以上の症例においては手術治療が必要となる可能性が高く、保存治療を開始する際には十分に説明しておくことが大切である。

## 文 献

- 1) Glazebrook M, Daniels T, Younger A, et al. Comparison of health-related quality of life between patients with end-stage ankle and hip arthrosis. J Bone Joint Surg Am 2008 ; 90-A : 499-505.
- 2) Benich MR, Ledoux WR, Orendurff MS, et al. Comparison of treatment outcomes of arthrodesis and

- two generations of ankle replacement implants. *J Bone Joint Surg Am* 2017 ; 99-A : 1792-800.
- 3) Queen RM, Sparling TL, Schmitt D. Hip, knee, and ankle osteoarthritis negatively affects mechanical energy exchange. *Clin Orthop Relat Res* 2016 ; 474 : 2055-63.
  - 4) Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, et al. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1995 ; 77 (1) : 50-4.
  - 5) Hayashi K, Tanaka Y, Takakura Y, et al. Correlation of compensatory alignment of the subtalar joint to the progression of primary osteoarthritis of the ankle. *Foot Ankle Int* 2008 ; 29 (4) : 400-6.
  - 6) Kurokawa H, Kosugi S, Fujinuma T, et al. Evaluation of Subtalar Joint's Compensatory Function in Varus Ankle Osteoarthritis Using Globally Optimal Iterative Closest Points (Go-ICP). *Foot Ankle Orthopaedics* 2022 ; 7 (2) : 1-6.
  - 7) Tse CTF, Ryan MB, Dien J, et al. An exploration of changes in plantar pressure distributions during walking with standalone and supported lateral wedge insole designs. *J Foot Ankle Res* 2021 ; 14 (1) : 55.
  - 8) 黒川絃章, 谷口 晃, 宮本拓馬, 他. 内反型変形性足関節症に対する外側楔付足底挿板の有効性と患者満足度. *靴の医学* 2021 ; 34 (2) : 126-31.
  - 9) 黒川絃章, 谷口 晃, 森田成紀, 他. 内反型変形性足関節症 stage 3a, 3b の自然経過における予後不良因子の検討. *日本足の外科学会雑誌* 2018 ; 39 (1) : 200-2.

シンポジウム

## 末期変形性足関節症に対する運動療法から装具療法へのアプローチ

# Approach from exercise therapy to orthotic therapy for progressive osteoarthritis of the ankle

<sup>1)</sup>高倉整形外科クリニック

<sup>2)</sup>西奈良中央病院 整形外科

<sup>1)</sup>Takakura Orthopaedic & Sports Clinic

<sup>2)</sup>Nishinara Central Hospital Orthopaedic

窪田 健児<sup>1)</sup>, 高倉 義幸<sup>1)</sup>, 高倉 義典<sup>1)2)</sup>

Kenji Kubota<sup>1)</sup>, Yoshiyuki Takakura<sup>1)</sup>, Yoshinori Takakura<sup>1) 2)</sup>

**Key words** : 末期変形性足関節症 (progressive osteoarthritis of the ankle), 保存療法 (conservative therapy), 運動療法 (exercise therapy), 装具療法 (orthotic therapy)

### 要 旨

足関節の変性疾患の代表として、変形性足関節症が挙げられる。変性が進行することにより、関節裂隙が狭小化し、距腿関節、距骨下関節を中心に可動域制限を認める。また、足関節周囲筋である下腿三頭筋、後脛骨筋、長・短腓骨筋、患部外である体幹筋、臀筋群の筋力低下の影響により足関節内側に荷重が集中することで、強い荷重時痛により歩行障害を呈する。治療においては大きく保存療法、手術療法があるが、どちらにおいても足関節の機能評価、理学療法は非常に重要である。今回、末期変形性足関節症に対し、当院が実際に臨床現場でおこなっている足関節の機能評価ならびに理学療法および装具療法（靴の指導を含む）を重点に本稿で紹介する。

### はじめに

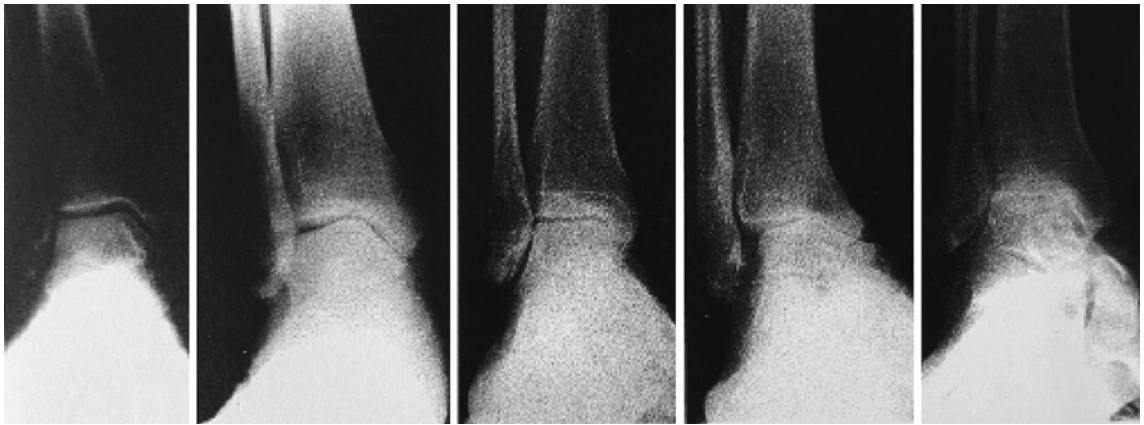
変形性足関節症は足関節に痛みを生じる代表的な疾患の一つである。病態としては、軟骨に変性が生じ、外傷や他の疾患による二次的な関節症と、明らかな原因が特定できない一次性変形性足関節症に分かれ、ここ最近の高齢化社会においては、一次性を中心に増加傾向にある。

病期分類については、進行度により1, 2, 3a, 3b, 4期の5つに分類される<sup>1)2)</sup>。その中で、3bおよび4期はX線像（以下：X線）で軟骨がすり減り関節裂隙が消失している状態である<sup>3)</sup>。（図1）治療法については、足関節固定術および人工足関節全置換術による手術療法を考慮するべきであるが、どの病期分類においても第一選択は保存療法である。保存療法では医師による薬物療法や関節内注射、理学療法士による理学療法、義肢装具士による装具療法が中心であり、保存療法にて除痛が図れない場合のみ手術療法を適応する。臨床現場にて実際におこなっている、評価ならびに理学療法、装具療法について説明する。

(2023/01/30 受付)

連絡先：窪田健児 〒657-0033 兵庫県神戸市灘区徳井町 5-4-21 高倉整形外科クリニック  
TEL : 078-851-1053 FAX : 078-851-1054  
E-mail : k.k.10271013@gmail.com





(※引用元より画像転載の承諾済み)

図1. 高倉・田中らの変形性足関節症の病期分類 画像引用元：足の運動療法

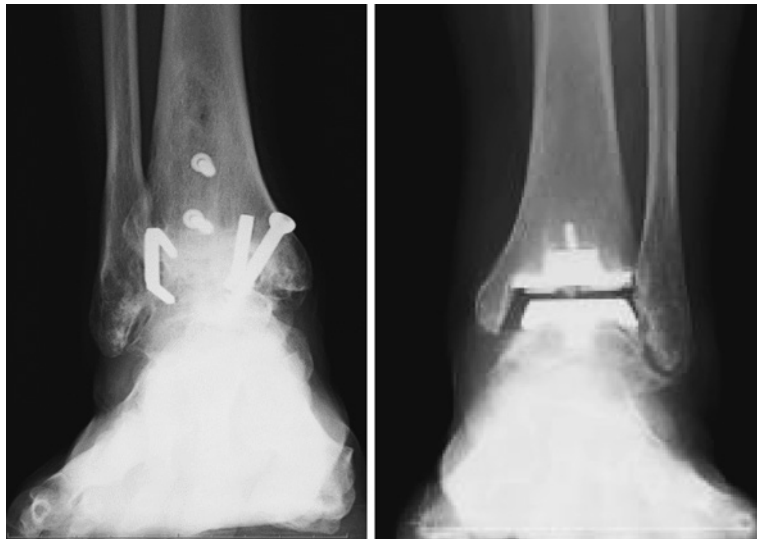


図2. 手術療法 (左 足関節固定術・右 人工足関節全置換術)

### 診断・評価

末期変形性足関節症患者の場合、荷重時における足関節内側を中心とする強い疼痛と腫脹、X線上の関節裂隙狭小化、それらによる距腿関節や距骨下関節の可動域制限、さらには関節周囲筋の筋力低下などを認める。そのため、足部・足関節の観察は当然のことで、身体全体の機能を把握し、診断および評価することが大切である。当院では、

はじめに医師の診察時に、詳細な現病歴および疼痛の程度を聴取し、X線やMR像（以下：MRI）を用いて関節の形状を確認する。次に、視診と触診において足部・足関節周囲を観察する。特に末期変形性足関節症の場合、後脛骨筋腱に沿って腫脹や疼痛を認め、距骨頭が底屈して落ち込んでいることがあるため、注意して観察することが重要である。次に身体所見では、静的評価および動的評価を行う。裸足になり静止立位にて、矢状面・

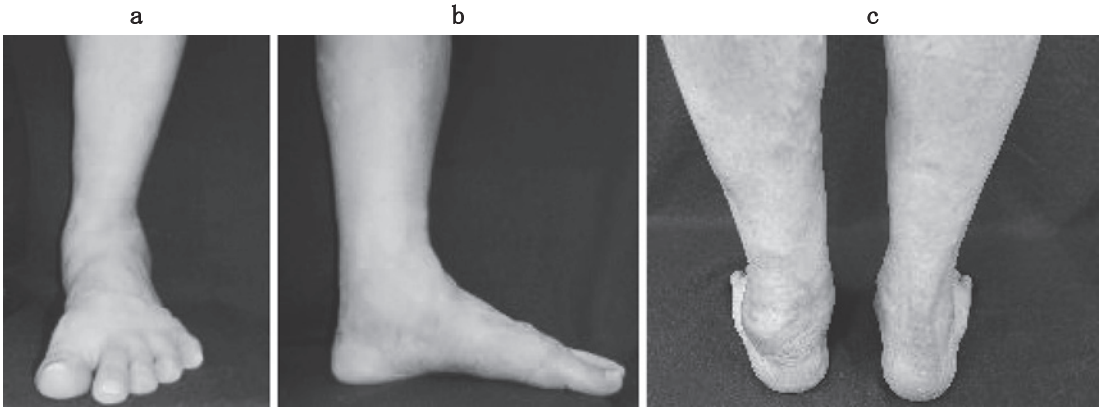


図3. 静的評価における足部の評価

- a: 正面 (足関節周囲の腫脹・内側縦アーチの低下を確認)  
 b: 側面 (内側縦アーチの低下を確認)  
 c: 後面 (leg heel angle・Too many toes signの確認)

前額面・後面の3方向から観察する。前額面と矢状面より足関節周囲の腫脹および内側縦アーチの崩れ、後面より、Leg heel alignment (後足部の評価)と Too many toes sign (前足部外転の評価)を確認する。(図3a・b・c)次に、動的評価では片脚立位や両側つま先立ち、片側つま先立ちの3種類の評価を行う。まず、片脚立位においては、静止立位から片脚立位に移行する際の体幹と骨盤の動揺性、内側縦アーチの崩れおよび足趾の過度な屈曲を確認する。(図4a・b)体幹や骨盤の動揺性を認める場合、腹横筋などの深層筋や股関節外転筋である中殿筋の筋力低下が残存している。(図5a・b)また、過度な屈曲を認める場合、下腿三頭筋、後脛骨筋や長・短腓骨筋などの足関節底屈筋の筋力低下が残存していると評価する。つま先立ちにおいては、両側と片側2種類の評価を行う。両側つま先立ちでは、下腿筋全体の評価を、片脚つま先立ちにおいては、体幹と殿筋群を含め、踵骨を持ち上げる役割である下腿三頭筋、後脛骨筋および長腓骨筋の筋力評価となる。

### 理学療法

理学療法には大きく物理療法と運動療法がある。当院では末期変形性足関節症の治療において

手術の有無に関わらず、まず除痛を目的に指導を行っている。運動療法の一つである筋力増強訓練を実施する際において、まず物理療法を併用して、下腿筋全体の柔軟性を向上させ、距腿および距骨下関節の可動域拡大を図る必要がある。筋力増強訓練では、足部・足関節周囲筋を中心に一定期間の理学療法をおこなう。除痛効果が得られない場合において、関節可動域や筋力が改善し、手術療法が選択されたとしても、術後の良好な状態や入院期間の短縮に繋がり、さらには日常生活動作への早期復帰も可能となる。

#### ①物理療法

当院では、低周波治療器、超音波治療器、拡散型圧力波治療器の三種類を主に使用し組織の伸張性を向上させ、可動性の確保を目標にしている。(図6a・b・c)物理機器を併用することは、下腿筋柔軟性を向上させることにより、筋温が上昇し、筋の粘性が低下することにより収縮を滑らかにし、神経刺激の伝達速度を上昇させる<sup>4)</sup>。そのため、視診・触診にて足部・足関節の観察、評価をおこなった上で、3つの物理機器より患者の状態に応じ選択し、使用するようになっている。

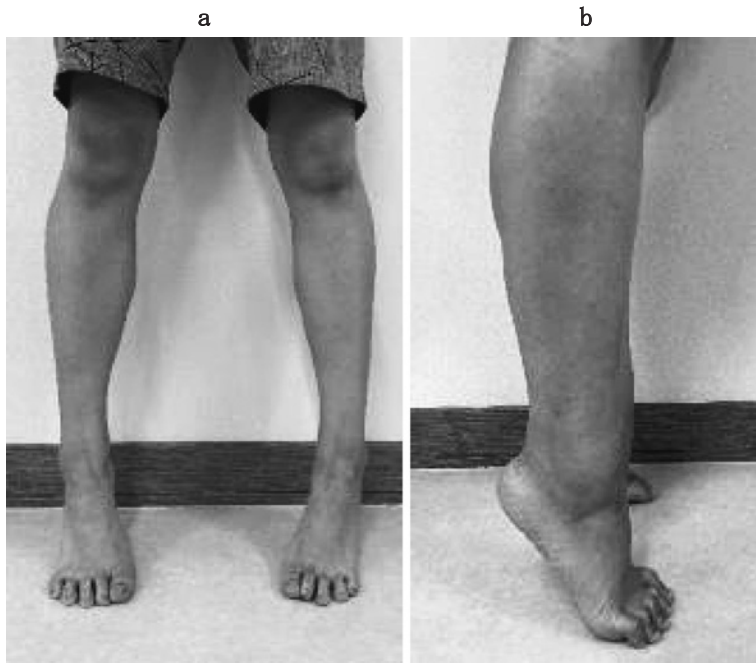


図4. 両側つま先立ちの不良例

- a: 両側つま先立ち挙上時における外側偏位による代償
- b: 挙上最終域においての、足趾過度な屈曲位による代償

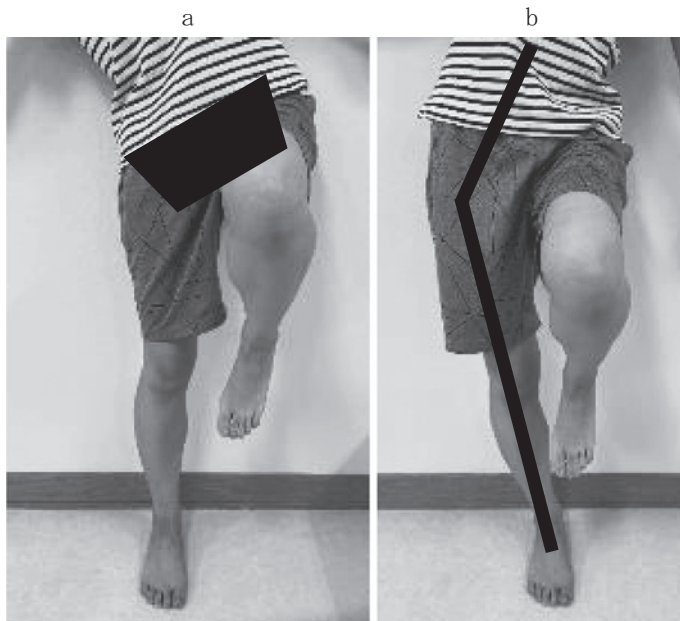


図5. 片脚立位・片脚つま先立ちの不良例

- a: 体幹筋・股関節周囲の筋力低下により骨盤の傾斜。対側の骨盤が挙上し、外側に流れる。
- b: 体幹側屈。対側の骨盤が下制し、下腿軸は外側に、体幹は内側に流れる代償。

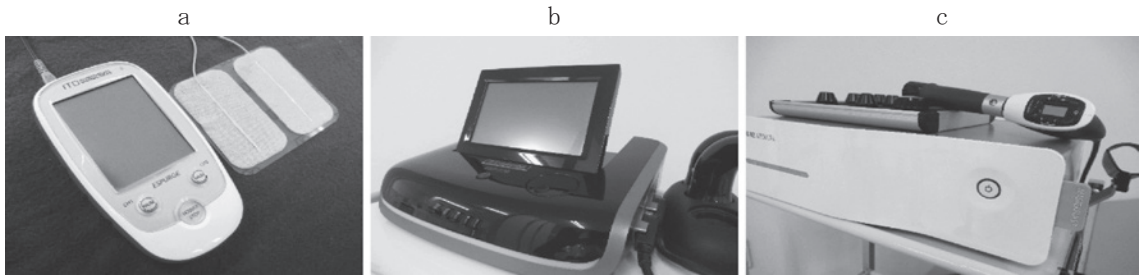


図 6. 当院で使用している物理療法機器  
 a: 低周波治療器  
 b: 超音波治療器  
 c: 拡散型圧力波治療器

## ②運動療法

### ■関節可動域訓練

末期変形性足関節症においては、荷重軸が足関節内側に崩れ後足部は外がえし方向へ向き、下腿全体のアライメント不良が起こる。その結果、距骨下関節周囲の軟部組織、足底腱膜、腓骨筋、下腿三頭筋・アキレス腱など下腿から足部にかけての筋肉や軟部組織の伸張性は低下し、距腿および距骨下関節に強い可動域制限が生じやすい。そのため、筋力増強訓練をおこなう前に、必ず関節可動域訓練にて筋肉や軟部組織の柔軟性を獲得することが重要である。

### ■筋力増強訓練

荷重時における疼痛を逃避するような動作が見受けられることが多い。足関節は荷重面積が小さいものの、歩行時には体重の4倍もの高い負荷がかかる<sup>5)</sup>。そのため、正常の歩行動作において、踵から接地し、つま先離地までが一連の歩行動作であるが、荷重時痛を特徴とする末期変形性足関節症では、足関節の底背屈の動きが失われていることが多い。そのことにより、足関節の安定性、体重の支持、推進力に必要な下腿三頭筋、後脛骨筋、長・短腓骨筋および足部内在筋、外在筋の筋力低下を認めることになる。下腿三頭筋は歩行時における下腿前傾や前方へ推進する機能があり<sup>6)</sup>、また、後脛骨筋腱は内側から、長・短腓骨筋腱は外側から距骨、踵骨および距骨下関節を挟み込むよ

うにし、後足部の静的安定化や動的安定性に関与している<sup>7)</sup>。足部内在筋においては、歩行バランスの補助や、歩行の立脚後期に足部の構造的安定性を生み出し、内側縦アーチの安定化に寄与している<sup>8)</sup>。このことから、末期変形性足関節症に対する運動療法として、立位および歩行時の足関節にかかる荷重が内外側均等にかかり、安定的な体重の支持が十分に可能で、床からの反力を吸収可能な状態に改善することが重要である。末期OAの筋力増強訓練の基本は、下腿から足部にかけての柔軟性を獲得し、足関節の可動性を向上させた後に、下肢筋力により下腿全体のアライメントを整えることにある。そこで、当院が指導している筋力増強訓練を紹介する。

### ①後脛骨筋トレーニング

後脛骨筋は距骨下関節の回外運動に関与し、その回外の運動は少し複雑な3次元的な動きをする。そのため、患者が正しく運動方向を覚えるのに時間を要す。また、代償動作が生じやすいため、後脛骨筋トレーニングを行う際、運動方向を細かく確認する必要がある。当院では膝関節や股関節に疼痛がなく、股関節開排位の肢位がとれる患者には、椅子などに座って行う方法(図7)を推奨している。足関節回外運動を最終領域まで意識しながら足底面を天井に向けるイメージで行う。ポイントとしては、足関節底屈方向に意識することで、より後脛骨筋の収縮は得られやすい。(図7a・

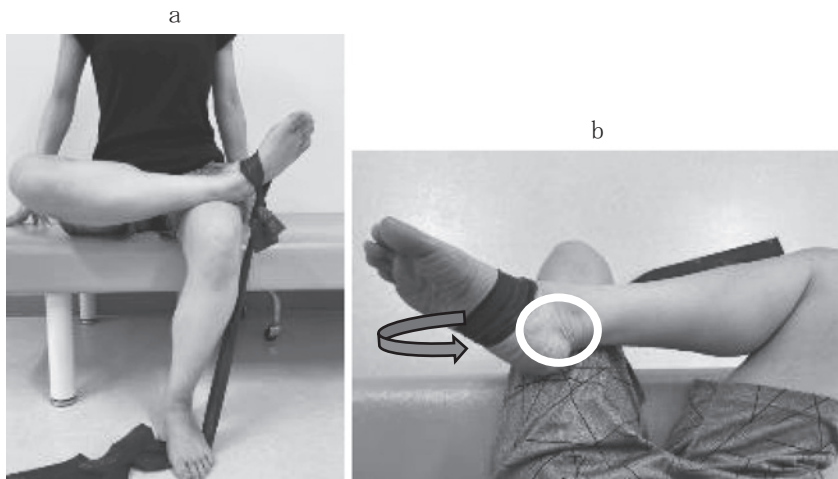


図7. 後脛骨筋トレーニング

a: 開始肢位, 正面, 足関節中間位から軽度底屈位より開始.  
b: 最終肢位, 回外最終域まで挙上し, 底屈方向を意識し行う.

b) 収縮認識が分からない場合は, 後脛骨筋腱の走行(内果やや下方)を触診しながら収縮を感じ, トレーニングを行うことが大切である. 運動が複雑なため, 代償動作も生じやすく, 前脛骨筋による過度な足関節背屈位での足部内転運動や, 足趾屈筋群による過度な足趾屈曲による代償が生じやすいため, 注意して観察するべきである. 変形性膝関節症や変形性股関節症などによる関節の疼痛が強い患者や, 最近では, 前脛骨筋の代償が生じやすい患者において, 長座位にて行う方法を指導することが多い.

#### ②腓骨筋トレーニング

端座位にて, 足関節が軽度底屈位となるよう膝関節屈曲約60°を開始肢位とする. 踵部を支点として足部を外転させる. ポイントとして足部外転方向へスライドさせた際, 最終域で母趾側を床面に押し付け, 腓骨筋をしっかり収縮させることである.(図8a・b)

#### ③足部内在筋トレーニング

足部内在筋は足アーチの保持や歩行時の足部安定化に重要である<sup>9)</sup>ことが, ここ最近の足部・足関節の運動療法において, 知られてきている. 当院では足部内在筋を short foot exercise にて主に指

導している. 方法としては, 先ず端座位より開始し, 筋力が向上した場合は立位に移行する. 足底面全接地にて, 中足骨頭と踵骨を近づけるよう意識し, 舟状骨を持ち上げるように行う.(図9)

#### ④下腿三頭筋トレーニング

下腿三頭筋トレーニングは, 開放性運動連鎖と閉鎖性運動連鎖の2つに分け, トレーニングを行っている. 末期変形性足関節症患者は, 荷重時痛の訴えがある場合が多いため, 非荷重位で行う開放性運動連鎖(open kinetic chain)にて下腿三頭筋を強化する. 疼痛の有無により, 下腿筋の筋力が向上したと判断した場合のみ, 更にレベルアップとして閉鎖性運動連鎖(closed kinetic chain)での両側つま先立ちを行う.(図10a・b) 良い例としては, 体幹と骨盤が水平位に保たれ安定している状態であるが, 良くない例では膝関節屈曲位による代償や, 片脚においては, 体幹の側屈や骨盤の傾斜の代償を伴うため, 運動連鎖の観点から下腿の内外旋と骨盤の位置など全体像を必ず観察する必要がある<sup>10)</sup>. 体幹筋である腹横筋は, 腹腔内圧を高め(コルセット効果)腰椎を安定化させる役割がある<sup>11)</sup>. 中殿筋においては, 下肢の閉鎖性運動連鎖における膝・足関節の前額面アラ

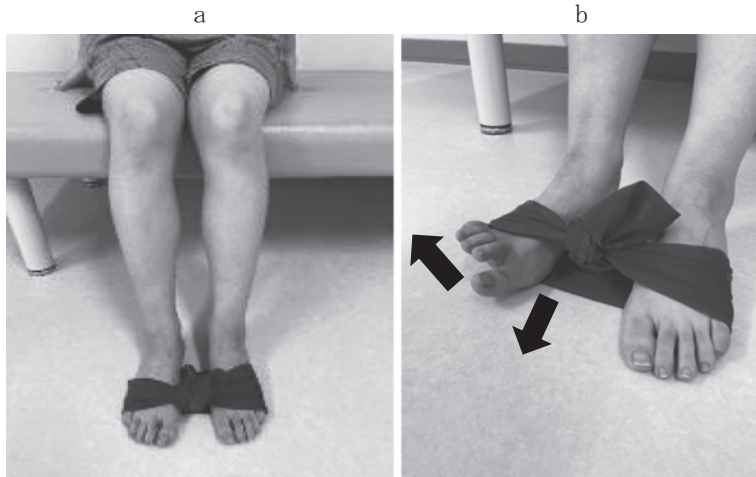


図 8. 長腓骨筋トレーニング

- a: 開始肢位, 正面. 端坐位にて足関節がやや底屈位になるよう膝関節屈曲 60° 位で開始.
- b: 最終肢位, 側面. 踵部を支点とし, 足関節底屈位のまま外転し最終域で母趾球を床面に押し付ける.

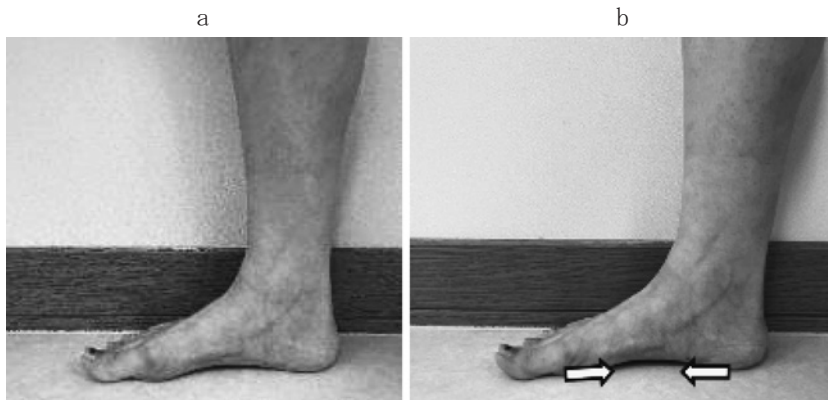


図 9. short foot exercise (足部内在筋)

- a: 開始肢位, 側面. 足底面全接地とする.
- b: 最終肢位, 側面. 中足骨頭と踵骨を近づけるよう意識し舟状骨を持ち上げる. その際, 母趾が過度に伸展・母趾球で過度な押さえ付けによる, 前足部の回内の代償動作に注意する.

イメントの維持に関与している<sup>12)</sup>. 大殿筋においては, 前傾した体幹を安定させることの不可欠な作用を呈する<sup>13)</sup>. 小殿筋においては, 長距離歩行後や片脚立位時に小殿筋の活動性も高い<sup>14)</sup>. その為, 患部以外の筋力増強訓練も積極的に行う必要がある. そのことにより, 足関節にかかる荷重を

出来るだけ内外側均等にかかるよう, 足関節の負担軽減を目的に当院では, 体幹筋と股関節周囲筋群の筋力増強訓練も徹底的に指導を行っている.

(図 11)

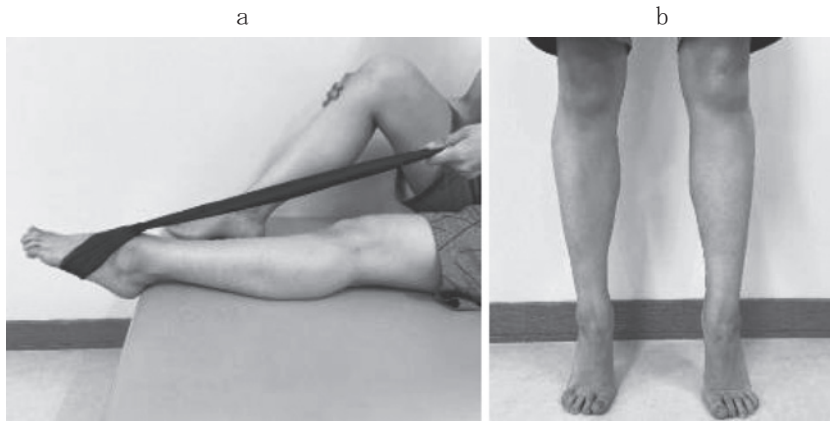


図 10. 下腿三頭筋の筋力増強訓練

- a: 開始肢位, 側面. 長座位にて膝関節伸展位・足関節底背屈0°にて, 下腿と第2中足骨を中心に底屈最終域まで運動を行う
- b: 静止立位にて, 足幅は肩幅程度に広げ, 下腿軸と第2中足骨が一直線になるように踵を真っ直ぐ挙上する.

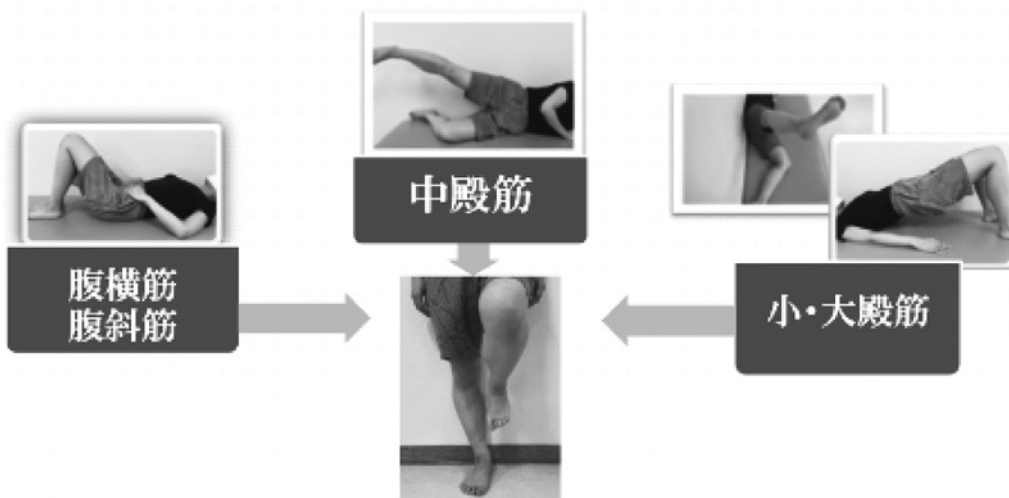


図 11. 当院で指導している患部外トレーニング

体幹・殿筋群など患部外トレーニングも行い, 足関節にかかる荷重をなるべく内外側均等にかかるようにする.

### 装具療法 (靴指導含めて)

装具療法は, 医師による診察, 評価後, 理学療法士による関節可動域訓練や筋力増強訓練を徹底的に実施し, 足部・足関節の可動性を整えた状態で足底挿板を作成する. 理学療法を行うことにより, 足底圧の負担を軽減させて足底挿板の装着が容易となり, 足底挿板の効果を確実にする. 変形

性足関節症は内反型が多く, 運動療法により荷重時における距骨傾斜角の矯正が可能であれば, 外側ウェッジの足底挿板を処方している. (図12) 変形の程度や症例により, まず末期変形性足関節症である病期分類3bおよび4期には外側ウェッジを7mm~12mmで調整している<sup>15)</sup>. (図13) 更に靴指導により靴と足部を適合させ, 足底挿板装着時に効果をより確実にするため, 当院では, 看護

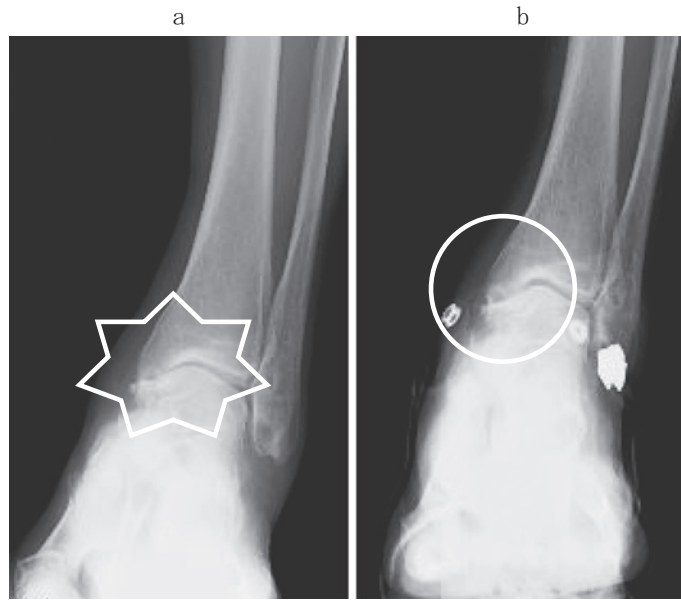


図 12. 症例紹介

a : 足関節荷重単純 X 線正面像

b : 外側ウェッジの高さ 12mm の足底挿板装着の足関節荷重単純 X 線正面像。○印は内側の関節裂隙は開大している。



図 13. 当院が処方している外側ウェッジインソール 画像引用元：足の運動療法

末期の変形性足関節症において当院では外側ウェッジを 7mm～10mm で調整し処方している。（※引用元より画像転載の承諾済み）

師や理学療法士により靴の履き方と選び方の指導もおこなっている。指導は歩行時に靴の中で足がずれないように中後足部の固定性が重要であることを強調して指導している。

### 終わりに

末期変形性足関節症を治療するにあたり、保存療法と手術療法どちらを選択するにしても、医師が患者の足部・足関節の状態を正確に評価し、理学療法士や義肢装具士に対して運動療法や足底挿板作製の処方を指示することで、より有効な保存

療法に繋がる。医師を中心に看護師、理学療法士および義肢装具士が、患者の情報を共有して治療を行うことが大切である。

### 文 献

- 1) Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, et al. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. J Bone Joint Surg Br 1995 ; 77 : 50-4.
- 2) Tanaka Y, Takakura Y, Hayashi K, et al. Low tibial osteotomy for varus-type osotoaththritis of the ankle. J Bonr Joint Surg Br 2006 ; 88 : 909-13.
- 3) 高倉義典. 図説足の臨床. 第3版. 田中康仁, 北田



- 力. 東京: メジカルビュー社; 2010. 110-16.
- 4) Yamashita T, Ishii S, Oota I. Effect of muscle stretching on the activity of neuromuscular transmission. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24 (1): 80-4.
  - 5) 君塚 葵. 足の生体力学・リウマチ. 関節外会誌 1987; 6: 75-85.
  - 6) Matusaka N. Control of the medial balance in walking. *Acta Orthop Scand* 1986; 57: 555-9.
  - 7) 川野哲英. 下肢エクササイズ・動作エクササイズ. ファンクショナルエクササイズ. 東京: ブックハウス HD社: 2004. 199-202.
  - 8) Wong YS. Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: a kinematic and anatomical cadaver study. *Foot Ankle Int* 2007; 28 (5): 617-20.
  - 9) Mickle KJ, Nester CJ, Crofts G, et al. Reliability of ultrasound to measure morphology of the toe flexor muscles. *J Foot Ankle Res* 2013; 6: 12.
  - 10) Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture* 2007; 25: 127-34.
  - 11) Arjmand N, Shirazi-Adl A. Role of intra-abdominal pressure in the unloading and stabilization of the human spine during static lifting tasks. *Eur Spine J* 2006; 15: 1265-75.
  - 12) Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, et al. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech* 2006; 22: 41-50.
  - 13) Ieberrman DE, Raichlen DA, Pontzer H, et al. The human gluteus maximus and its role in running. *J Exp Biol* 2006; 209: 2143-55.
  - 14) Oi N, Iwaya T, Itoh M, et al. T FDG-PET imaging of lower extremity muscular activity during level walking. *J Orthop Sci* 2003; 8 (1): 55-61.
  - 15) 高倉義幸, 小俣訓子. 筋力トレーニング. 足の運動療法. 高倉義典 (編). メディカルビュー社; 2015. 26-43.

シンポジウム

## JASPE 足育の現在 ～教育現場から見る子供の足と靴～

### JASPE ashiiku today

### ～Children's feet and shoes seen from the educational scene～

JASPE 足育推進委員会委員長 練馬区立光が丘春の風小学校校長

Chairman of JASPE Foot Education Promotion Committee Principal of Hikarigaoka Harunokaze Elementary School  
in Nerima Ward

内木 勉

Naiki Tsutomu

**Key words** : 足育 (ashiiku), 足と靴の健康教育 (Health education of feet and shoes), 教育現場 (educational scene), 意識改革 (mindset change),

「JASPE 足育」とは「Japan Alliance for School Physical Education」＝「日本学校体育研究連合会」の頭文字をとり「JASPE」と称し活動を行っています。平成 23 年（2011 年）に足育推進委員会を発足させ、活動は 11 年目となります。「足育」とは足元からの健康教育のことを表しています。私たちは、子供たちに、「足育」を通して、自分の体に気付き、健康な生き方について学ぶ力を育てていきたいと考えています。

なぜ、今「足育」なのか。私たち足育推進委員は現在 30 名を超えるメンバーで活動をしています。メンバーのほとんどが幼稚園・小学校などの教育現場で働いている教員です。

足育推進委員会のメンバーは、日々の学校生活の中で、子供たちの足のトラブルやけがと向き合い、上履きの履き方の指導など、子供たちの足や靴について同じような悩みをもっていました。そ

んな時に、日本教育シューズが行った、小・中・高校生 1 万人の調査とその結果を知り、私たちの日々の悩みが感覚的なものだけではないことを知ったのです。目の前の子供たちの足や体、健康をより良く変えていくために、足元からの健康教育・足育が必要だと考えたのです。

私たちは、足元からの健康教育を、次の 2 つの柱から考えています。1 つめの柱は、足や自分の体への気づきなどを中心とした足育です。2 つめの柱は、自分の足に合った靴選び、正しい靴の履き方や脱ぎ方などの靴教育です。足育と靴教育の 2 つの柱で実践に取り組んでいます。足育の実践では、「児童」「教員」「家庭」の 3 つの観点から、出前授業、研修会、講演などに取り組んでいます。また、2 年間の継続研究・実践として、学体連（日本学校体育研究連合会）の指定を受け、足育推進園、足育推進校を設定しています。

幼児教育の実践では、足育推進園の園児全員に上履きを貸与し、足に合った靴を正しく履いて生活してもらうとともに、保護者にも一緒に体験していただく機会を設定し啓発を行っています。小

(2023/01/17 受付)

連絡先：内木 勉 〒359-1161 埼玉県所沢市狭山ヶ丘 1-3003-197  
TEL : 090-5808-0992 FAX : 04-2949-6141  
E-mail : un105421-1383@tbz.t-com.ne.jp

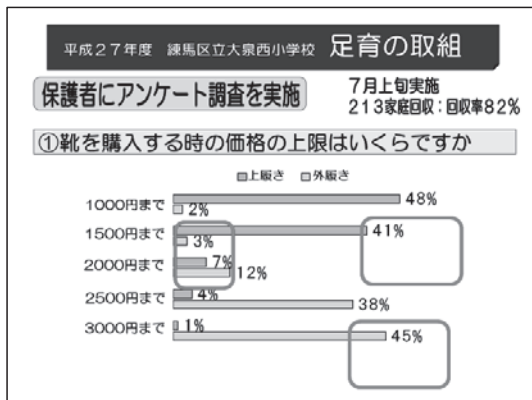


図 1A

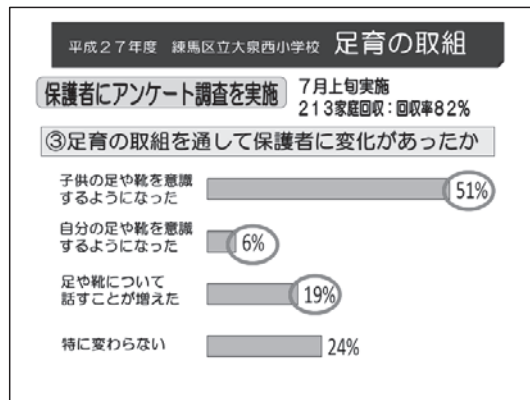


図 1C

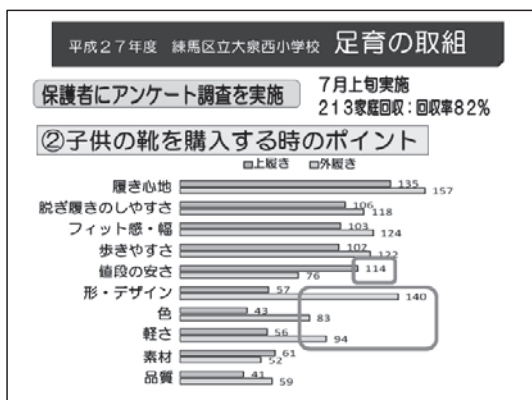


図 1B

学校での実践では、まず推進委員による出前授業です。これまで5000名を超える児童・保護者の方に参加していただいています。また、足育推進校の実践では、全児童を対象に簡易計測器を使って計測をし、自分の足に合った上履きを年間通して児童へ貸与しています。年度の始めの全校朝会では、正しい靴の履き方やその必要性について話し、各学級で指導に取り組んでいます。また、足育月間を設定し、校長先生が足育についての話をしたり、足育授業を各学年・各学級で実施したり、足指体操を継続的に取り組んだりしています。

次に、練馬区立大泉西小学校で平成27年に実施したアンケート調査の結果について述べさせてい

たきます。大泉西小学校は、足育推進校として2年間、足育に取り組みました。このアンケート結果は、その時に実施した保護者アンケートを集計したものです。(図1)

最初の設問は「靴を購入する時の価格の上限について」です。上履きの上限は、1000円までとする保護者が48%、1500円までとする保護者が41%、外履きの上限は、2500円までとする保護者が38%、3000円までとする保護者が45%と、顕著な傾向が見られました。次の設問は「子供の靴を購入する時のポイント」です。上履きについては、価格の安さと答える保護者が多く、外履きについては、形やデザイン、軽さが多く、ここでも上履きと外履きに対する意識の違いを見ることができました。3つ目の設問は「足育の取組を通して保護者に変化があったか」です。この設問に対して、51%の保護者が、子供の足や靴について意識するようになったと答えています。

保護者とのやり取りやアンケートの結果から見えてくるのは、上履きへの意識の低さです。高学年の児童は、朝8時くらいに登校し、午後3時くらいに下校します。この間、約8時間、子供たちは上履きを履いて過ごします。東京都の小学校の場合、体育館での体育も上履きですることがほとんどです。通気性やクッション性に乏しい昔ながらの上履きを使って体育をしているのが実態で

す。また低学年では、すぐに大きくなるからと大きめの上履きを履かせることも非常に多いです。1年生では2cmも大きな上履きの児童もいました。これが学校現場の実態なのです。

私たちは、足育の取組で学んだことを、実際の生活の中にどう位置付けさせていくかが今の課題だと考えています。そのためには保護者の意識を変える必要があります。そこで、靴医学会の先生方のお力をお借りしたいのです。保護者の意識を変えていくためには、医学的な見地、科学的エビデンスからのアプローチが必要なのです。私たちが足育の学習の基盤としているのは「そうか・そうだ・そうしよう」というキーワードです。そうかと気づき、そうだと実感し、そうしようと実践することが大切です。保護者の「そうか・そうだ・そうしよう」を強く後押しできるのは、医学的な見地であり、科学的エビデンスであり、そこに携わる靴医学会の先生方の言葉なのです。是非、靴医学会のさまざまな活動を通して、保護者の背中を押していただきたいのです。私は、それをお願いするためにこの場に立たせていただいています。どうぞよろしく願いいたします。

最後にJASPE足育の今後の展望をお伝えいた

します。1つ目は「幼児教育における足育」の充実です。幼児期から足育を充実させ、幼保小連携を進めていきたいと考えています。その第1弾として、足育絵本「けんちゃんあしくものがたり～みらいにむかってGO!～」を作成しました。幼稚園や保育園で活用していただくよう絶賛配付中です。2つ目は、「足育」の専門家の育成です。出前授業や講義などを通して「足育」や「靴教育」の基礎基本を理解し実践力を身に付けていく「マイスター制度」を確立させたいと考えています。3つ目は足育指導資料第4集の発行です。QRコードから資料や動画を見ることができるようにするなど、より手に取りやすく、実際にやってみようと思ってもらえることを目標に作成を進めています。

今後もJASPE足育では、『「足」が変われば子供が変わる！「子供」が変われば未来が変わる！』をキャッチフレーズに足育をしっかり根付かせていきたいと実践を続けてまいります。靴医学会の先生方にも、是非、一緒に足育を進めていただけたらと思っています。As a First Step はじめの一步を一緒に踏み出していきましょう。

シンポジウム

## 小児靴の開発に関する研究

### Research on development of children's shoes

<sup>1)</sup>早稲田大学スポーツ科学研究科

<sup>2)</sup>(株)丸紅フットウェア

<sup>3)</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院

<sup>1)</sup>Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

<sup>2)</sup>MARUBENI FOOTWEAR INC.

<sup>3)</sup>Faculty of Sport Sciences, Waseda University

植山 剛裕<sup>1)2)</sup>, 赤嶺 雄志<sup>2)</sup>, 筒井 俊春<sup>3)</sup>, 鳥居 俊<sup>3)</sup>

Takehiro Ueyama<sup>1)2)</sup>, Takeshi Akamine<sup>2)</sup>, Toshiharu Tsutsui<sup>3)</sup>, Suguru Torii<sup>3)</sup>

**Key words** : 小児靴 (children's shoes), 外反母趾 (hallux Valgus), 踵幅 (heel width)

#### 要 旨

シューズメーカーは大学の研究機関と共同して、現在の子どもの足に合った小児靴の研究・開発を行っている。子どもの足は成人に比べ外力に弱く、靴との適合性がより重要と考えられる。そこで、靴との適合性が足趾に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、6-12歳の子どもの対象に調査した。その結果、母趾の外反・小趾の内反が大きい者は足幅の、第2趾から第5趾の変形がある者は、足長の余裕が小さい靴を履いていた。また、母趾の外反・小趾の内反が大きい群は、小さい群より踵幅の余裕が大きい靴を履く傾向を示した。したがって、足長や足幅は勿論、今後は踵幅にも着目して小児靴の研究・開発を行っていく必要がある。

#### 緒 言

本稿は2022年9月2, 3日の両日に行われた、

(2022/12/22 受付)

連絡先：植山 剛裕 〒530-0004 大阪府大阪市北区堂島浜1-2-1新ダイビル (株)丸紅フットウェア  
TEL 06-6347-8270 FAX 06-6347-8271  
E-mail : tueyama@mfunc.co.jp

第36回日本靴医学会学術集会のシンポジウム「小児の足と靴—科学的エビデンスの普及と教育—」の発表内容をもとに作成したものである。

我々は「成長」と「発育」を促す靴をコンセプトとした小児靴の機能開発を行ってきた。現在までに開発されてきた靴の機能は、アーチ形成を促すインソール「ウインドラスソーサーインソール」や「ハグインソール」、歩行動作をサポートする「スリーステップインソール」、裸足感覚に近づけるため前足部の屈曲を最大限にした「60(ロクマル)ソール」などがあり、研究室内外で実験実証を行ってきた。また、現在の子どもの足に合った小児靴を開発するため、我々はこれまでに計1万人を超える子どもの足部形態計測を行ってきた。この足部形態計測の結果から、主に製造販売される2Eサイズが占める割合は1-12歳を通して約20%しかおらず、A-Eサイズまでの割合が1-2歳で19.4%、3-6歳で28.4%、7-12歳で34.7%と2Eサイズの割合を超えることが分かった。実際、現在の靴JIS規格を用いて靴販売を行う際に足に靴がフィットしない事例を多く経験する。これらを踏まえると、1998年以降改定されていない現在の靴JIS規格により作られた靴は、現在の子ども

表 1. 年齢別の対象者数および身長・体重

年齢	対象数 (足数)	身長 (cm)	体重 (kg)
6 歳	32 (64)	117.6±5.1	21.5±3.5
7 歳	68 (136)	123.0±5.1	24.0±3.7
8 歳	60 (120)	126.5±4.9	25.5±3.3
9 歳	66 (132)	133.9±5.1	29.5±4.7
10 歳	76 (152)	140.9±5.9	33.2±5.8
11 歳	52 (104)	147.8±6.4	38.0±6.3
12 歳	28 (56)	149.7±5.1	39.0±5.4

の足に合っていない可能性が示唆される。この現在の靴 JIS 規格と現在の子ども足の異なることによる誤ったサイジングは、子どもの足に弊害を起すと考えられる。

先行研究によると、新生児の足趾は成人に比べ外力に弱く、前方から押すことで容易に変形すると報告されている<sup>1)</sup>。新生児ではないが、発育途上の幼児や児童にも、この傾向は少なからず当てはまるものと推測される。熊谷ら<sup>2)</sup>は、小学生はもちろん、中学生・高校生であっても、骨が成熟するまでは足は容易に歪められ、歪んでも不快を訴えないと報告している。幼稚園児を対象に行った縦断研究によると、外反母趾の園児は初年調査時 2.5%であったが、1年後は 3.8%まで増加をしていた<sup>1)</sup>。永山ら<sup>3)</sup>が小学生を対象に行った調査においても、母趾外反角度は高学年に上がるに伴い増加していた。また、母趾以外の足趾の変形も、第 4 趾で 71.5%、第 5 趾で 79.5%の小学生にみられたと報告されている<sup>3)</sup>。さらに、三井ら<sup>4)</sup>が 7 歳から 60 歳代までの男女 1193 名を対象に行った足趾の形態異常に関する調査では、外反母趾の保有率は男子で 14 歳頃から急激に増加し、15 歳から 16 歳で最高値に、女子は 9 歳で 15%、13 歳で 26.5%の最高値を示し、20 歳まで 25%以上であったと報告をしている。以上の報告を踏まえると、母趾をはじめとする足趾の変形は、幼稚園児の年齢から現れ始め、特に女子においては、小学校中学年頃から顕著に増加すると考えられる。

また、これらの学童期の子ども足の足趾の変形は、足と靴の適合性の不一致がひとつの要因になると

考えられる。先行研究によると<sup>5)</sup>、高校・大学ラグビー選手を対象とした調査ではあるが、自分が認識しているサイズ（以下、自称サイズ）と、足部の実寸計測に基づく靴のサイズ（以下、適正サイズ）の不一致が、足部の障害に繋がる可能性を報告している。また、高齢者を対象とした調査では、適正サイズの靴を履いている対象者と比較して適正サイズより小さい靴を履いている対象者の 22%が足の痛みを訴えた<sup>6)</sup>。したがって、足趾の変形は靴の適合性と関係があると考えられるが、より靴の適合性の影響を受けると考えられる子どもを対象とした調査は行われていない。

そこで本研究の目的は、靴の適合性を足長、足幅、踵幅の 3 点から検討し、子どもの足趾の変形との関連性を明らかにすることとした。

## 方 法

### 1. 対象

本研究の対象者は、首都圏の某私立小学校に在籍する女子児童とした。全 430 名に書面で研究への参加を募り、399 名の児童及び保護者から参加の同意を得た。また、基本情報として、本研究の調査と同時期に小学校で行われた身体測定の結果より、身長・体重のデータを取得し、データ欠損がなかった 382 名 764 足が本研究の解析対象となった。（表 1）さらに、生年月日の調査を行い、足部形態計測当日における月齢の算出を行った。なお、全ての調査は、5 週間以内に行われた。

### 2. 足部形態計測

対象者全員の立位荷重位での左右の足部形態は、三次元自動足型計測器（JMS-2100CU, Dream GP 社製）を用いて計測を行った。算出した項目は、足長・足囲・足幅・踵幅・第 1 趾側角度・第 5 趾側角度の計 6 項目とした。なお、外反母趾は第 1 趾側角度が 15 度以上<sup>8)</sup>、内反小趾は第 5 趾側角度が 10 度以上<sup>3)</sup>を示す足と定義した。

### 3. 第 2 趾から第 5 趾の変形調査

対象者の第 2 趾から第 5 趾の形態調査には静止立位での前足部をデジタルカメラ（Fine Pix

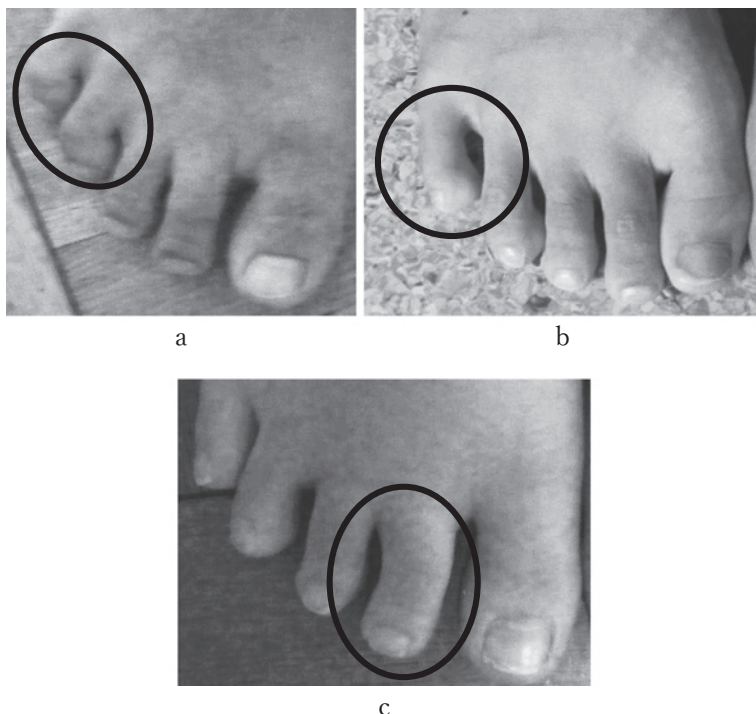


図1. 「変形」とした本研究の対象者の足趾の異常例  
a: 屈曲 b: カーリング c: 末節部の外転・内転  
(呼称は先行研究を引用<sup>17)</sup>)

Z100fd, 富士フィルム社製)を用い, 対象者の足  
の上方から撮影を行った. 撮影した画像を基に,  
変形の有無を目視にて確認を行った. (図1) な  
お, 確認者自身の主観が入り込む余地が多いため,  
整形外科医の見解を確認して判断を行うことで,  
そのリスクを極力排除した.

#### 4. 靴の内寸調査

靴の内寸調査は先行研究を参考に, 通学用の靴  
(片足のみ)を回収し, 靴の内寸を計測した<sup>6)</sup>. (図  
2) なお, 内寸調査の検者誤差を検討するために,  
事前に表記サイズ23.0cmの同一靴を, 同一検者が  
5回計測し, 変動係数の確認を行った. いずれの  
項目の変動係数も0.4%から2%弱であり, 非常に  
高い再現性が得られた. (表2) また, 靴の内寸調  
査から算出した靴実寸値から, 足部形態計測で算  
出した足実寸値を減じた値を「足部に対する靴サ  
イズの適合性」と定義とした. なお, 足長におけ

る足部に対する靴サイズの適合性は, 足長に対す  
る靴サイズの適合性と, 踵幅における足部に対す  
る靴サイズの適合性は, 踵幅に対する靴サイズの  
適合性と, 足幅における足部に対する靴サイズの  
適合性は, 足幅に対する靴サイズの適合性と記載  
する. また, 足部に対する靴サイズの適合性の値  
は, 大きいほど靴と足部にある空間が大きいこと  
を示す.

#### 5. 統計処理

第1趾および第5趾側角度と足部に対する靴サ  
イズの適合性の相関関係の検討には, ピアソンの  
積率相関係数検定と, 月齢を制限因子とした偏相  
関係数検定を用いた. 外反母趾・内反小趾, およ  
び写真から判定した足趾の変形の有無における足  
部に対する靴サイズの適合性の平均値の差の検定  
には, 独立した2群間でのt検定を用いた. また,  
写真から判定した足趾の変形の保有数でみる足部

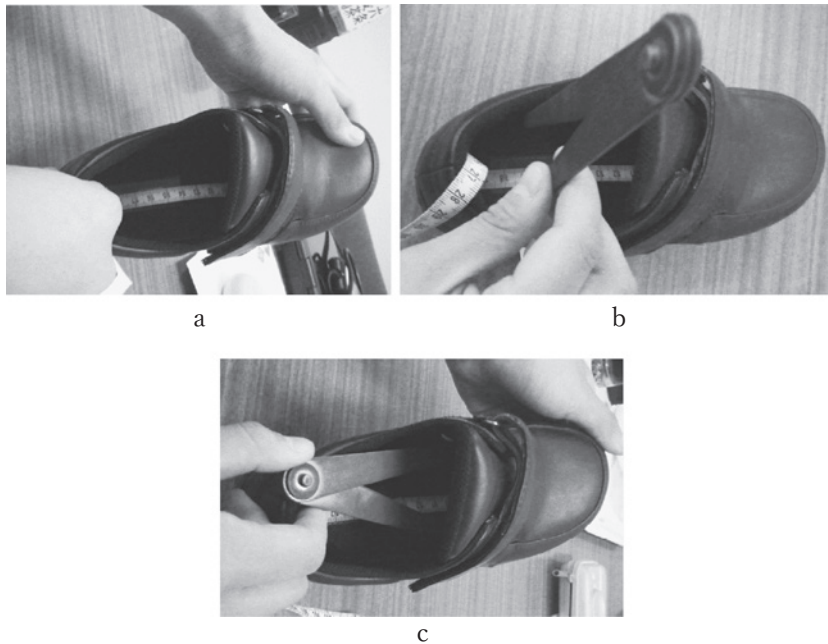


図2. 靴の内寸調査

a: 靴の足長の計測 b: 靴の踵幅の計測 c: 靴の足幅の計測  
(方法は先行研究を引用<sup>6)</sup>)

表2. 検者内誤差の検討結果

	足長(mm)	踵幅(mm)	足幅(mm)
1	240	73	88
2	240	70	87
3	240	71	86
4	240	71	88
5	238	70	88
平均±標準偏差	239.6±0.9	71.0±1.2	87.4±0.9
CV値	0.4	1.7	1.0

に対する靴サイズの適合性の平均値の差の検定には一元配置分散分析を用い、その後の検定は Bonferroni の多重比較法を行った。なお、いずれの分析についても、統計パッケージ SPSS 15.0J For Windows 版を使用し、有意水準は危険率 5% 未満とした。

## 結 果

### 1. 対象者の足部形態および変形

本研究の年齢別にみる女子児童の足部形態は、

表3の通りであった。年齢別の外反母趾の保有状況は、9歳で6.8%、10歳で6.6%であったが、11歳では2倍以上の15.4%となり、12歳では23.2%であった。(図3)また、年齢別の内反小趾の保有状況は、10歳まで約20%から30%までで推移していた保有率は、11歳で45.2%に急増し、12歳で51.8%であった。(図4)さらに、目視で確認した第2趾から第5趾の変形の保有状況は、外側の足趾になるにつれ変形の保有率が高くなり、特に第4趾は65.6%、第5趾は80.4%と、非常に高い変形保有率を示した。(図5)

### 2. 第1趾側角度と靴の適合性との関連性

第1趾側角度と足長に対する靴サイズの適合性との間に、有意な弱い負の相関関係が認められた ( $r = -0.079$ ,  $p < 0.05$ )。また、第1趾側角度と足幅に対する靴サイズの適合性との間にも有意な負の相関関係が認められた ( $r = -0.330$ ,  $p < 0.01$ )。しかし、第1趾側角度と踵幅に対する靴サイズの適合性との間には有意な相関関係は認められな



表 3. 年齢別にみる足部形態の平均値

年齢	6 歳	7 歳	8 歳	9 歳	10 歳	11 歳	12 歳
足長 (mm)	186.6 ± 10.2	195.7 ± 8.9	199.6 ± 8.6	210.8 ± 10.2	219.5 ± 10.2	227.2 ± 9.8	229.0 ± 9.5
足囲 (mm)	181.8 ± 8.2	189.0 ± 8.5	191.4 ± 8.8	201.7 ± 11.6	209.3 ± 10.4	218.0 ± 11.1	219.0 ± 11.4
足幅 (mm)	73.9 ± 4.0	77.4 ± 3.7	78.6 ± 3.8	82.9 ± 5.5	86.1 ± 4.5	89.8 ± 5.0	90.4 ± 5.4
踵幅 (mm)	50.6 ± 3.1	52.1 ± 3.1	53.1 ± 3.8	55.3 ± 3.8	58.0 ± 4.0	59.7 ± 3.6	59.2 ± 3.1
第 1 趾側角度 (度)	2.5 ± 4.9	4.2 ± 4.3	5.9 ± 4.0	8.1 ± 4.9	8.5 ± 4.2	9.5 ± 4.5	10.9 ± 6.9
第 5 趾側角度 (度)	4.0 ± 5.2	5.9 ± 5.0	6.2 ± 5.1	7.1 ± 4.6	7.0 ± 4.3	8.9 ± 4.6	8.8 ± 6.4

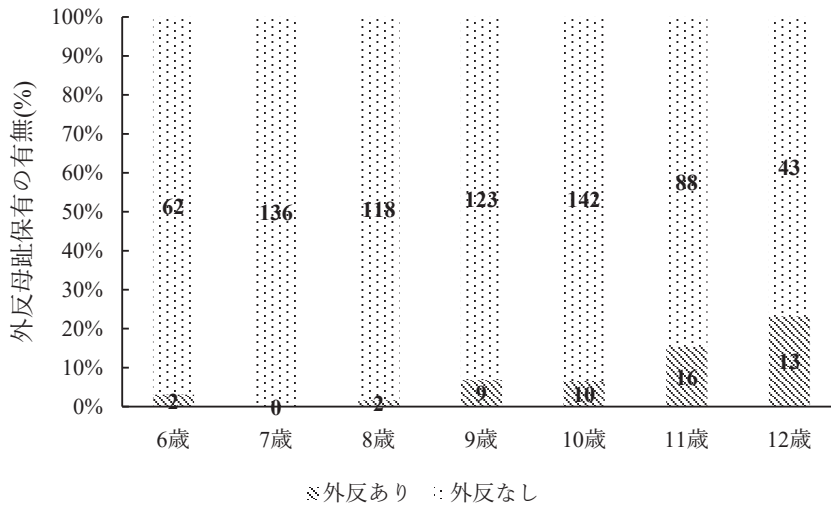


図 3. 年齢別にみる外反母趾保有率 (グラフ内の数値は該当人数を示す)

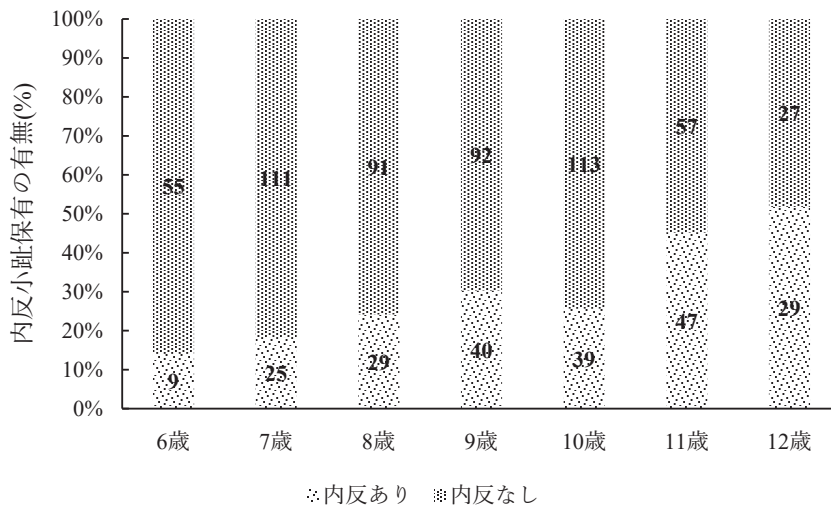


図 4. 年齢別にみる内反小趾保有率 (グラフ内の数値は該当人数を示す)

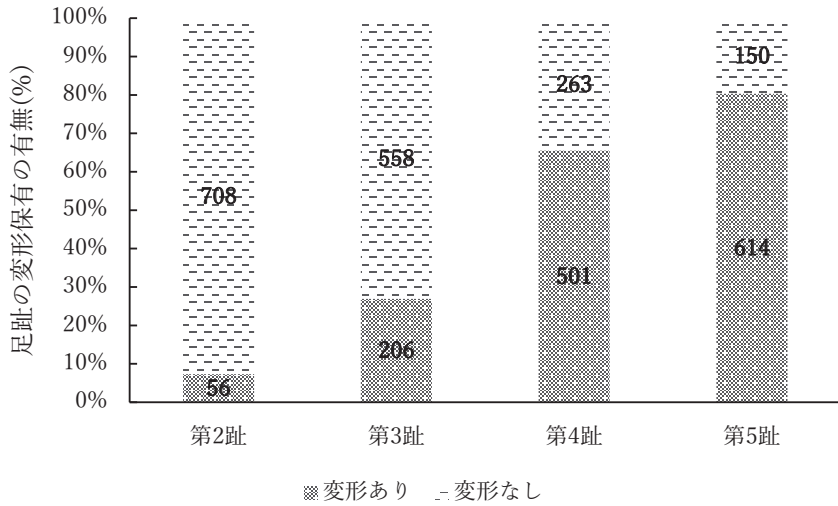


図5. 第2趾から第5趾の変形の保有率（グラフ内の数値は該当人数を示す）

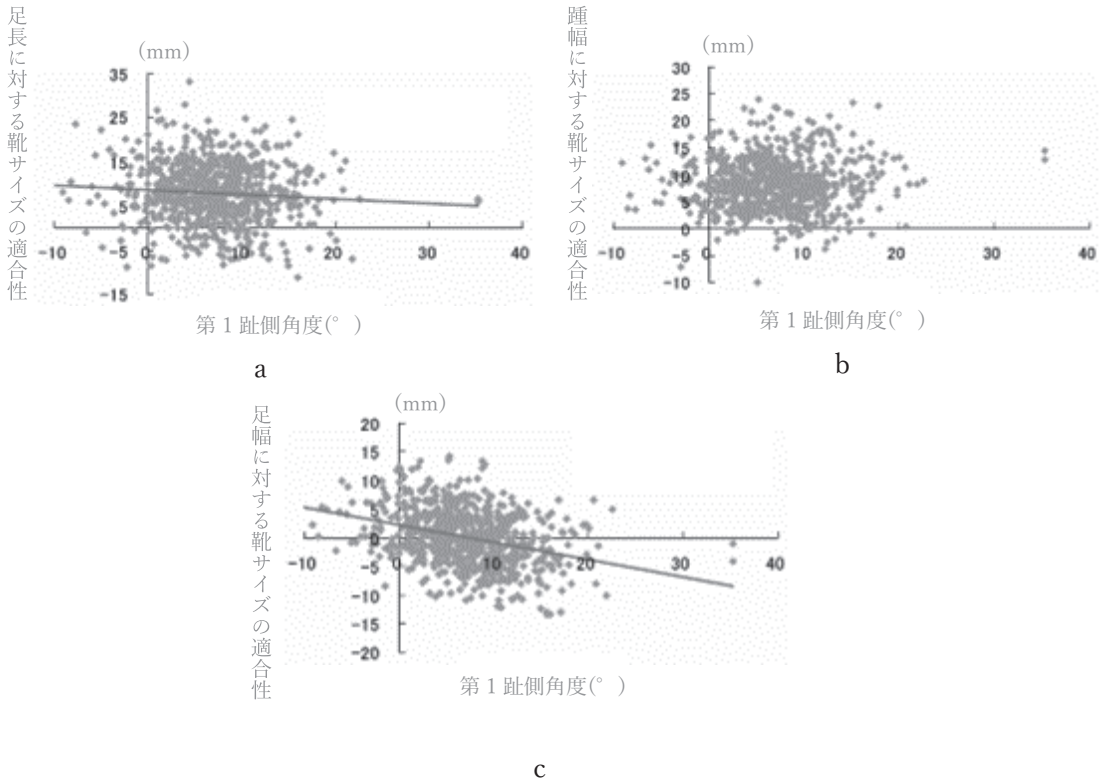


図6. 第1趾側角度と足部に対する靴サイズの適合性の分布  
a: 足長 b: 踵幅 c: 足幅

かった ( $p>0.05$ ). なお, 月齢の影響を考慮して再度検討を行ったところ, 第1趾側角度と足幅に対する靴サイズの適合性間に有意な弱い負の相

関関係が認められた ( $r = -0.213, p < 0.01$ ). (図6) 外反母趾発症の有無で足部に対する靴サイズの適合性の平均値の差を検討したところ, 外反あり

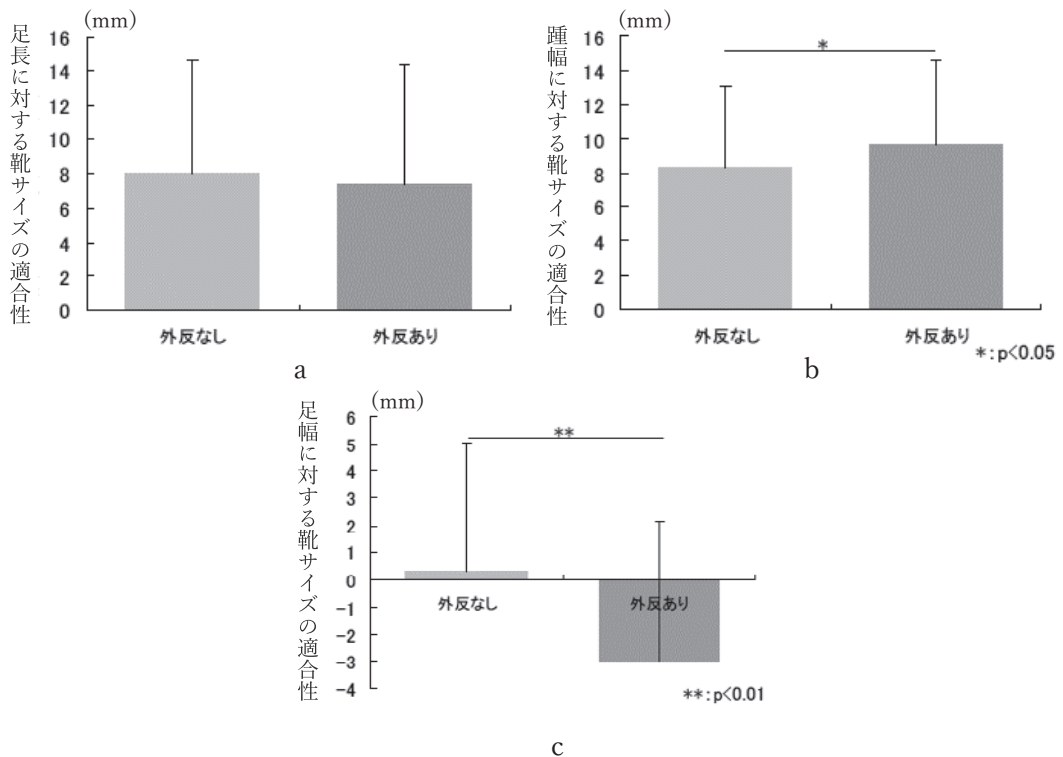


図7. 外反母趾の有無でみる足部に対する靴サイズの適合性  
a: 足長 b: 踵幅 c: 足幅

群は外反なし群よりも踵幅に対する靴サイズの適合性は有意に大きく ( $p < 0.05$ ), 足幅に対する靴サイズの適合性は有意に小さかった ( $p < 0.01$ ). (図7) しかし, 足長に対する靴サイズの適合性は外反あり群と外反なし群の間で有意差は認められなかった ( $p > 0.05$ ).

### 3. 第5趾側角度と靴の適合性との関連性

第5趾側角度と踵幅に対する靴サイズの適合性との間に有意な弱い正の相関関係が認められた ( $r = 0.085$ ,  $p < 0.05$ ). また, 第5趾側角度と足幅に対する靴サイズの適合性との間には有意な負の相関関係が認められた ( $r = -0.338$ ,  $p < 0.01$ ). しかし, 第5趾側角度と足長に対する靴サイズの適合性との間には有意な相関関係は認められなかった ( $p > 0.05$ ). なお, 月齢の影響を考慮して再度検討を行ったところ, 第5趾側角度と足幅に対する靴サイズの適合性との間に有意な弱い負の相関

関係が認められた ( $r = -0.282$ ,  $p < 0.01$ ). (図8)

内反小趾の有無で足部に対する靴サイズの適合性の平均値の差を検討したところ, 内反あり群は内反なし群よりも足長に対する靴サイズの適合性は小さい傾向を示し ( $p = 0.064$ ), 踵幅に対する靴サイズの適合性は大きい傾向を示した ( $p = 0.059$ ). また, 内反あり群は内反なし群と比較して足幅に対する靴サイズの適合性は有意に小さかった ( $p < 0.01$ ). (図9)

### 4. 第2趾から第5趾の変形と靴の適合性との関連性

目視で判断した変形の有無による足部に対する靴サイズの適合性の大きさを, 足趾ごとに検討した. 足長に対する靴サイズの適合性は, 第2趾で変形あり群が変形なし群よりも有意に小さく ( $p < 0.01$ ), 第3趾, 第5趾においても同様の傾向 ( $p = 0.095$ ) を示したが, 踵幅および足幅に対する

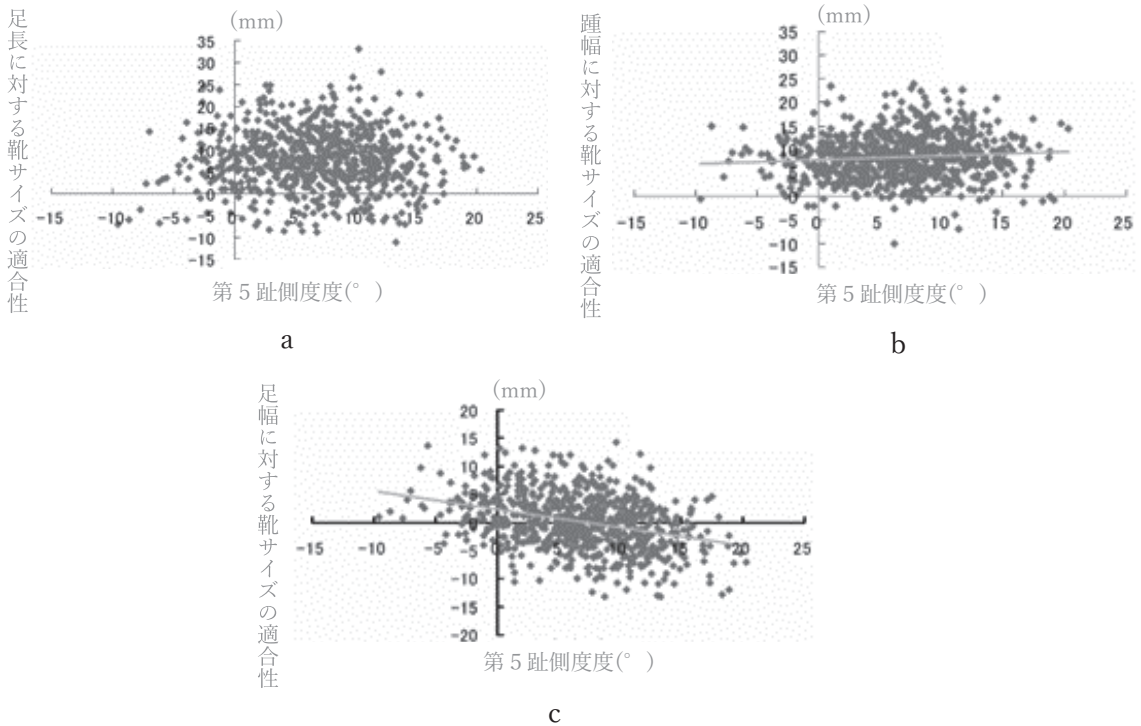


図8. 第5趾側角度と足部に対する靴サイズの適合性  
a: 足長 b: 踵幅 c: 足幅

靴サイズの適合性は、どの足趾の群間にも有意差はなかった ( $p>0.05$ )。 (図10) また、個人が抱える足趾の変形数による対数足の分類は、表4のようになった。変形のあった足趾数別にみる足部に対する靴サイズの適合性の大きさの検討では、第2趾から第5趾のすべてに変形があった群は変形が全くない群よりも足長に対する靴サイズの適合性が有意に小さかった ( $p<0.05$ )。しかし、踵幅および足幅における同様の検討では、各群間に有意差はなかった ( $p>0.05$ )。 (図11)

## 考 察

本研究は、測定数値や撮影した写真を基に判断した足趾の変形と、足部形態計測および靴の内寸調査から得た、靴の適合性との関連を検討した。

### 1. 足趾の変形の保有状況

外反母趾の保有率は9歳、10歳で約6%であったものが、11歳で2倍以上の約15%、12歳で約

25%と年齢が上がるごとに保有率が増えていた。学童期の外反母趾の保有率に関する先行研究によると<sup>4)</sup>、女子の外反母趾保有率は9歳で約15%、その後は11歳まで横ばいとなり、12歳で約20%を示すことを報告している。また永山ら<sup>3)</sup>は、小学校1年生6.3%、2年生12.5%、3年生13.2%、4年生11.8%、5年生21.9%、6年生28.6%と年齢が上がるにつれて外反母趾保有率の増加を報告している。外反母趾とする基準が報告者によって異なるため詳細な比較は困難だが、小学校中学年から高学年で外反母趾の保有率が急増することは、本研究も含め、多くの報告に共通する傾向である。

小学生の内反小趾保有率を報告した研究は、国内では永山ら<sup>3)</sup>の1件のみであるが、対象者全体の20.6%に存在し、外反母趾よりも多く観察されたと報告している。本研究の対象者382名764足全体における内反小趾の保有率は28.5%であり、先行研究よりもやや高いものとなった。しかし、本

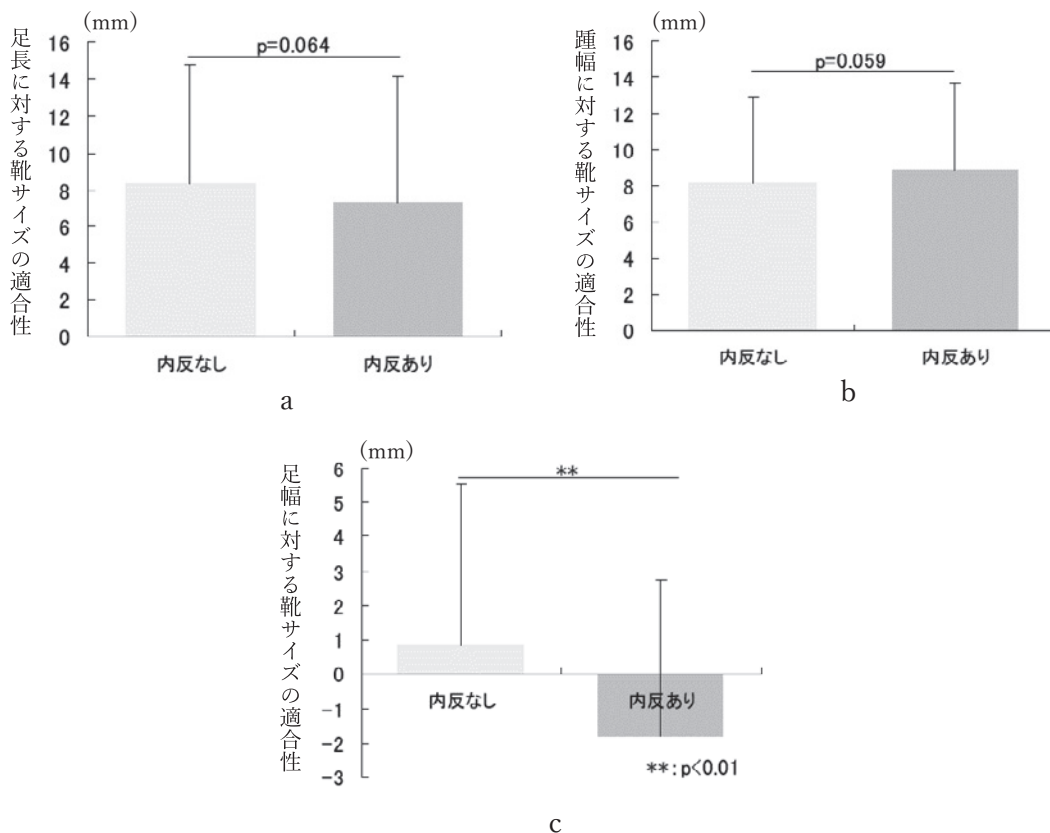


図9. 内反小趾の有無でみる足部に対する靴サイズの適合性  
a: 足長 b: 踵幅 c: 足幅

研究の対象者全体における外反母趾の保有率は6.8%であり、内反小趾よりも少なく、この傾向は先行研究と一致する結果となった。

外反母趾・内反小趾を除く第2趾から第5趾の変形について、本研究では外側の足趾になるにつれ変形が多く発生し、特に第4趾、第5趾では非常に高い変形保有率を示した。先行研究によると<sup>3)</sup>、足趾の変形保有率は第2趾15.2%、第3趾50.1%、第4趾71.5%、第5趾79.5%と報告しており、外側の足趾になるにつれ変形が多く発生する傾向は本研究と一致した。外側の足趾になるにつれ変形が多く発生する原因のひとつには、靴の爪先の形状が考えられる。回収した靴の爪先の形状の分類は本研究において検討を行っていないが、ラウンドトゥの靴が非常に多かった。ラウン

ドトゥの靴の場合、靴の中央が最も長く、中央からはほぼ左右対称に円弧を描いたような爪先形状をしている。足部と靴の爪先形状が適合していない場合、足趾は靴からの圧迫を受ける恐れがある。

## 2. 足趾の変形と足部に対する靴サイズの適合性との関連性

母趾の外反・小趾の内反が大きい者は足幅の、第2趾から第5趾の変形がある者は足長に対する靴サイズの適合性が小さい靴を履いている結果となった。細長ら<sup>9)</sup>は、20歳代、50歳代の女性において、日常履き慣れた靴を履いた状態で水平面X線像を撮影し、爪先の寸法を裸足児と比較すると、靴着用時は足趾の部分の幅が11%減少したと報告しており、サイズの小さな靴が足趾の形態に与える影響は大きいと推測される。また、内田ら<sup>1)</sup>は

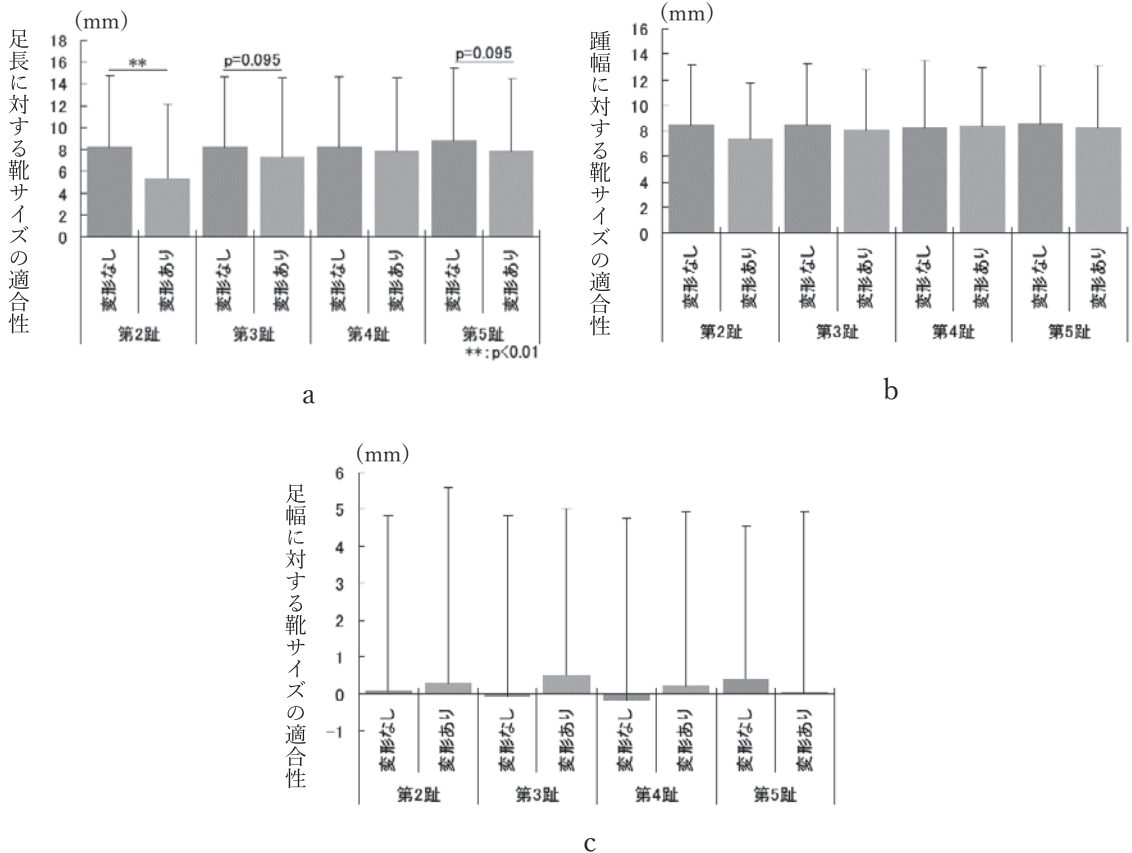


図 10. 変形の有無でみる足部に対する靴サイズの適合性の平均値  
a: 足長 b: 踵幅 c: 足幅

表 4. 足趾の変形の保有状況 (第2趾から第5趾)

	N (足)
変形 0 本	82
変形 1 本	205
変形 2 本	299
変形 3 本	138
変形 4 本	40

新生児の足趾を前方から押し、容易に変形することを報告している。新生児の足趾の曲がり方は幼稚園児の足趾の曲がり方とほぼ同様であり<sup>1)</sup>、発育途上の児童にも、この傾向は少なからず当てはまるものと推測される。本研究の対象者においても、新生児の足趾の曲がり方と類似した足趾の変形は多く確認され、その変形がある者は足長に対する

靴サイズの適合性が小さい靴を履いているという結果を得た。以上のことから、足長の余裕のない靴による前方からの圧迫は、第2趾から第5趾の変形につながっている可能性がある。

また、母趾の外反・小趾の内反が大きい群が小さい群よりも、踵幅に対する靴サイズの適合性が大きい傾向を示した。踵幅の適合性の重要さは、多くの先行研究により主張されている。土肥ら<sup>10)</sup>は、適切な小児靴の選択について、足囲の高さであるボール高の適応や足囲と足幅の過不足に加え、踵幅が広すぎないか観察する必要があると述べている。また、内田ら<sup>7)</sup>は、大きいサイズの靴を履くことの弊害のひとつに、踵周囲のサイズも大きくなり、足が靴の中で前方にすべることを挙げ、それが足趾の変形、母趾角の増大に影響している

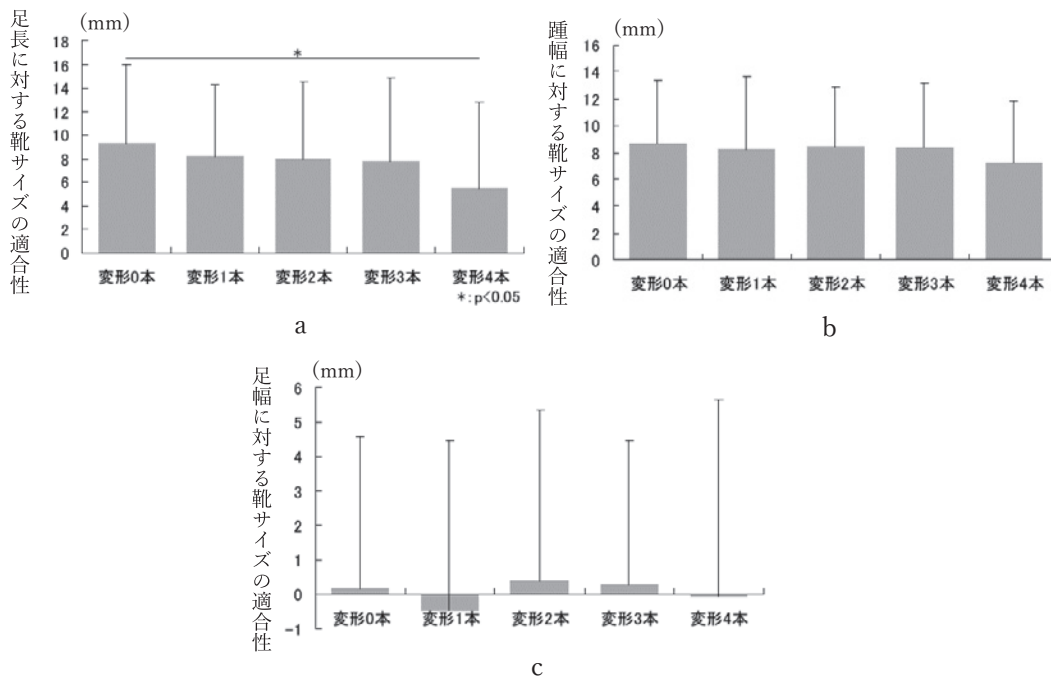


図 11. 変形足趾数別にみる足部に対する靴サイズの適合性の平均値  
a: 足長 b: 踵幅 c: 足幅

と報告している。本研究の結果は、母趾の外反および小趾の内反が大きい者は、踵幅の余裕が大きく、足幅の余裕が小さい靴を履いているというものであり、先行研究の見解とは相反している。踵幅の余裕が大きくても足幅の余裕が小さければ、先行研究のいう「靴内での足部の前すべり」が起こるとは考えにくい。本研究の結果からの推測の域を出ないが、靴の中で踵部が水平面上で回転し、足幅の余裕のない靴の中で、母趾および小趾の靴との衝突・圧迫が起こっている可能性がある。この仮説については、今後更なる検討が必要である。

### 結 論

母趾の外反・小趾の内反が大きい者は足幅の、第2趾から第5趾の変形がある者は、足長の余裕が小さい靴を履いており、母趾の外反・小趾の内反が大きい群は、小さい群よりも踵幅の余裕が大きい靴を履く傾向があった。したがって、足長や足幅に焦点を当てた靴づくりのみではなく、踵幅

に焦点を当てた靴づくりを行っていく必要があると考えられる。また、この現代の子どもに寄り添った靴づくりは、弊社の力だけでなく、大学の研究機関とより密に協同して靴づくりを行っていく必要があると考えている。

### 文 献

- 1) 内田俊彦, 藤原和郎, 佐々木克則他. 幼稚園児の足型計測 (第2報). 靴の医学 2003; 17 (2): 40-4.
- 2) 熊谷温生, 大沢 宏, 北島正司他. 足の発達と靴の役割. 靴の医学 1993; 7: 44-9.
- 3) 永山理恵, 横尾 浩, 大山貴裕他. 小学生の足型計測 (第2報). 靴の医学 2006; 19 (2): 117-20.
- 4) 三井淳蔵. 足趾の形態異常に関する保健学的考察-特に外反拇趾について. 教育医学. 1998; 2: 436-42.
- 5) 江川陽介, 鳥居 俊. 高校生ラクビー選手におけるスパイクの適合と足部の障害. 靴の医学 2002; 15 (2): 76-80.
- 6) Chaiwanichsiri D, Tantisiriwat N, Janchai S. Proper shoe sizes for Thai elderly. Foot (Edinb) 2008; 18 (4): 186-91.
- 7) 内田俊彦, 佐々木克則, 横尾 浩他. スポーツシューズと足サイズ-靴と足サイズの検討-. 靴の医学

- 2006 ; 20 (1) : 45.
- 8) 城戸正博, 桜井 実, 田沼正司他. 子供の外反母趾一  
年齢群別発生頻度と足型について. 靴の医学  
1992 ; 6 : 60-3.
- 9) 細長喜久代, 岡部和代, 山名信子. 着靴による足部形  
態変化の分析. 繊維製品消費科学 1996 ; 37 (5) : 41-  
7.
- 10) 土肥麻佐子, 高橋 彬, 小池美枝子. 幼児靴設計のた  
めの足部形態特性. 人間工学 1994 ; 30 (2) : 71-83.



シンポジウム

三次元足計測による複数幅学校用シューズの開発と課題

Development and problems of multi-width school shoes

by three-dimensional foot measurement

JES 日本教育シューズ協議会

Just Evidence Shoes

早川 家正

Iemasa Hayakawa

**Key words** : 靴の開発 (Development of shoes), 学校用シューズ (School shoes), 足幅 (Width), 三次元足型計測 (Three-dimensional foot type measurement), 靴教育 (Shoes education)

要 旨

靴に起因する足トラブルの軽減と足の健全な成長を目指し、幼稚園年少児から高校3年生までの男女各100人(左右合計6,000足)の三次元足計測データを基に、足長・足囲各3グループ、計9種類の基本ラストを設計し、14.0cm~29.0cmの合計90サイズのWMN複数幅学校用シューズを開発した。JASPE足育事業を通じて検証を行っており、被験者の靴感覚の変化などを明らかにしていきたい。

複数幅のシューズを作っても、適切なサイズ選択や正しい履き方がともなわなければ効果に結びつきにくいことが危惧される。学校教育に「足育」を導入し、学校シューズを「教材」とすることが早道であり、足の専門医による広く一般に向けた正しい情報の発信と普及を期待したい。

1. はじめに

JES日本教育シューズ協議会は、「教育的価値の高い学校用シューズの研究開発を図り、児童生徒の足元からの健康づくりに貢献すること」を目的とする非営利団体で、上履きなどの製造会社や販売会社からの会費収入で、子供たちの足計測などの調査研究や、学校用シューズの研究開発などを行ってきた。現在は、多くの子供に快適な複数幅の学校シューズの開発に注力している。

2. 子供たちの足の調査

(公財)日本学校保健会に協力する形で「児童生徒の足に関する実態調査(2006年~2008年)」を行い、三次元計測装置(INFOOTアイウエアラボラトリー製)で小学生~高校生10,000人の足部計測ならびに足のトラブルに関する調査を実施した。また、同様に幼稚園児の足部計測を行った。

全体の43%の子供が足に何らかのトラブルを訴えており、(表1)中学生女子の約30%、男子の約15%が15度以上の母趾角度があった。(図1)

足トラブルは、足長サイズが合った上履きを履いている子供に少なく、大きすぎる上履きを履い

(2023/02/01 受付)

連絡先 : 早川 家正 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-3-4 JES 日本教育シューズ協議会  
TEL : 03-3862-8684 FAX : 03-3862-8632  
E-mail : iemasa@d2.dion.ne.jp

表 1. 子供たちの足のトラブル (複数回答)

	トラブルあり	親指曲がり	小指曲がり	爪の痛み	まめ・靴ずれ	踵痛	膝痛	その他
小学校低学年 (n=3264)	31.5%	2.2%	3.8%	6.2%	3.8%	6.9%	9.9%	9.9%
小学校高学年 (n=3951)	40.3%	6.2%	7.0%	8.5%	4.7%	12.7%	14.2%	10.7%
中学生 (n=2019)	57.0%	10.2%	11.4%	15.4%	11.3%	12.8%	28.8%	15.0%
高校生 (n=814)	74.0%	14.0%	11.8%	14.9%	13.8%	16.1%	31.7%	13.4%
全体 (n=10048)	43.0%	6.2%	7.1%	9.5%	6.3%	11.0%	16.8%	11.4%

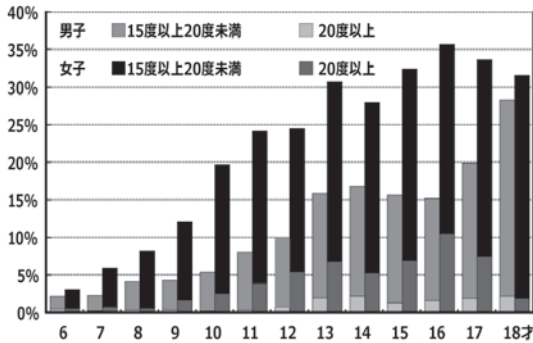


図 1. 第 1 指 (母趾) 外反出現率

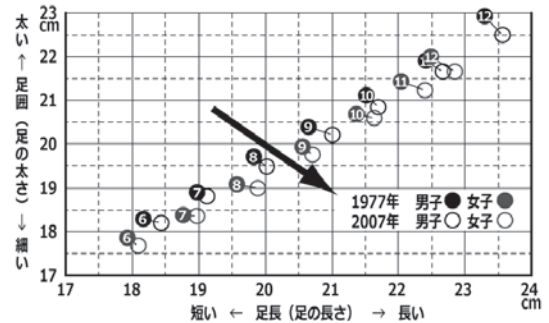


図 3. 30 年間の子供の足変化 年齢別平均値

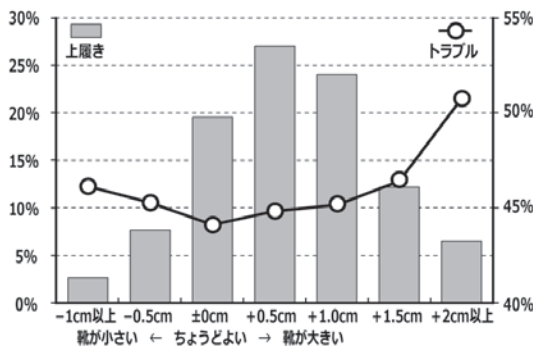


図 2. 上履きと足のサイズ差と、足のトラブルの関係

ている子供に多かった。(図 2)

足長・足囲の平均値を、JIS 規格が制定された 30 年前のデータと比較すると、足は長細くなっていった。(図 3)

また、現在生産供給されている子供靴の E~EEE に該当するのは、幼稚園児・小学生の 64.5%。(図 4) 男子 E~EEE に該当する中学生・高校生は 30.0% にすぎず、適合率が低かった。(図 5) 特に

中学生は子供の JIS 規格に近く、男子の規格とは合っていないかった。

### 3. 足の調査から見えてきたこと

人生 100 年時代を迎えようとしている。より健康で活力ある長寿社会を築くためにも、今まで以上に足をはじめとする心身の健康が重要性を増していると言えよう。一生を支える足という視点で考えると将来に備え健康な足を育むためには、①より多くの子供に快適な複数幅シューズの開発を行うこと、②適切なサイズ選択と正しい履き方の実践を進めること、③健全な成長に必要な運動の実践が欠かせない。

### 4. 複数幅 WMN シューズの開発

三次元計測データを基に幼稚園年少児から高校 3 年生までの男女各 100 人、合計 3,000 人を無作為に抽出し、左右の足合計 6,000 足を調べた。

足長・足囲の学年ごとの分布の近似値には差があり、足のプロポーションは年齢や足長などによ

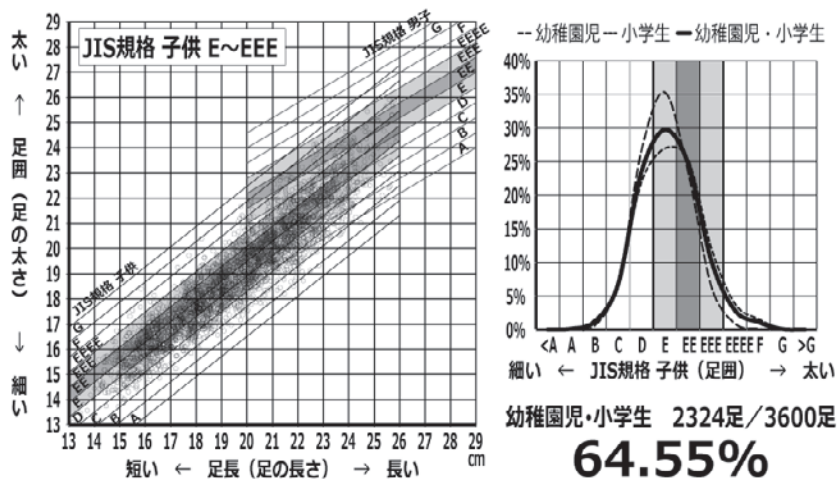


図4. 足長・足囲の分布と適合率 幼稚園児・小学生

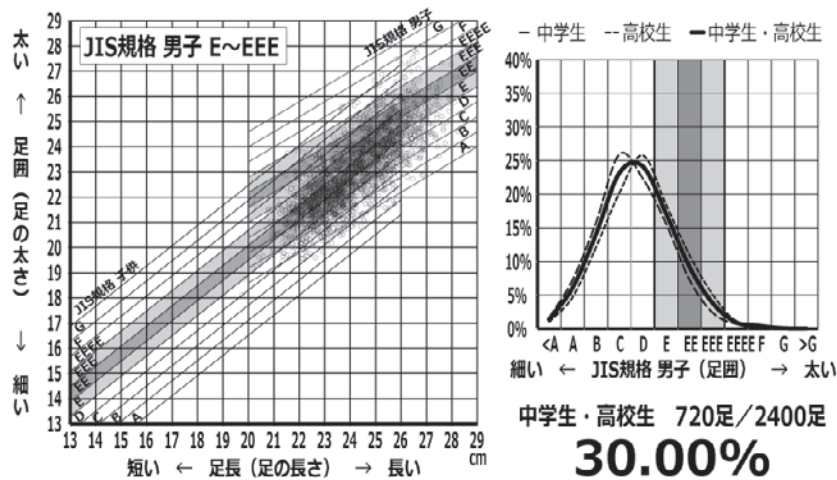


図5. 足長・足囲の分布と適合率 中学生・高校生

り変化するものと推測された。

足長が5mm大きくなるごとの足囲の変化をみると、女子では小学校3年生、男子では小学校5・6年生の変化量が大きく、幼稚園児から小学生の期間の変化量ではおよそ4mm、中学生では約3.4mm、高校生では約3mmであった。(図6)

次いで、変化量の大きい小学校中・高学年が多い「19.0cm～24.0cm」を中央に設定し、足長を3つのグループに分けて足囲との関係を調べた。(図

7)

19.0cm～24.0cmの線形近似線は足囲 =  $0.8952 \times$  足長 + 14.040 ( $R^2 = 0.6861$ ), 19.0cm以下は足囲 =  $0.7788 \times$  足長 + 35.986 ( $R^2 = 0.6743$ ), 24.0cm以上は足囲 =  $0.7525 \times$  足長 + 49.878 ( $R^2 = 0.3359$ )であった。

同様に、足長に対する内外踏まず長・踵幅を19.0cm～24.0cmとそれ以外に分け、分布と近似値を調べた。その結果、内外踏まず長・踵幅ともに

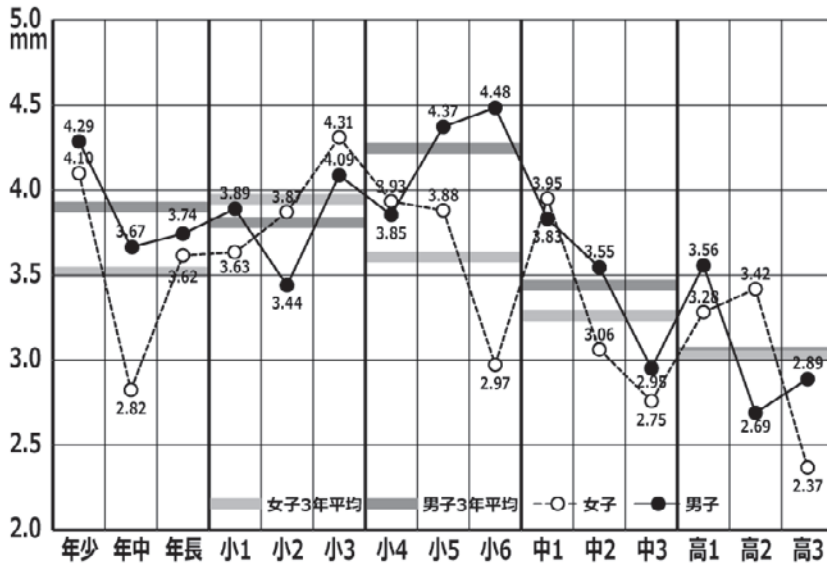


図6. 足長が5mm大きくなった場合の足囲の変化

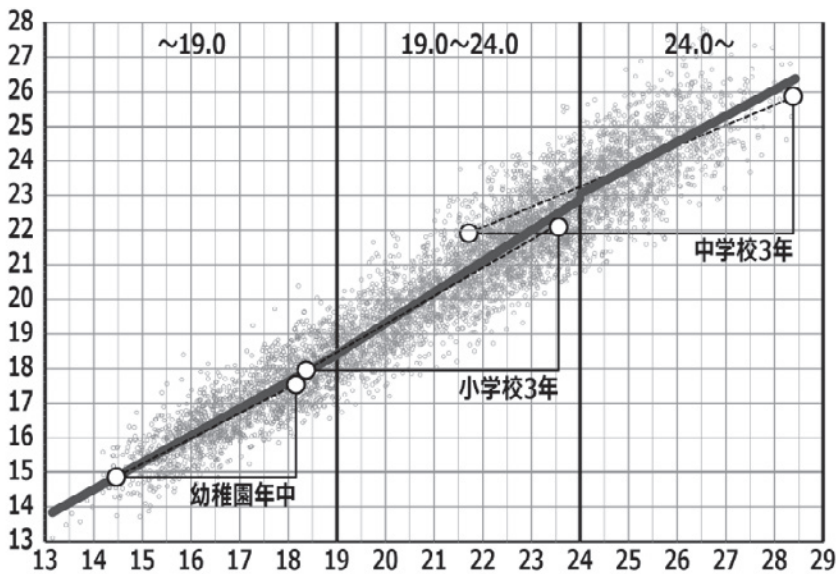


図7. 足長・足囲の分布

足長が大きくなるにつれ比率は小さくなっていたため、図8・図9内の太線のように足長ごとの設計値を変更した。

靴紐やベルトによる足囲部の寸法調整範囲を15mmに設定し、足囲の最頻値を中心にMiddleと

し、隣接する太い範囲をWide、細い範囲をNarrowとした。その結果を基に、足長3グループ、足囲3グループ、計9種類の基本ラスト（靴型）を設計し、14.0cm~29.0cmの合計90サイズの、WMN複数幅学校用シューズを開発した。（図

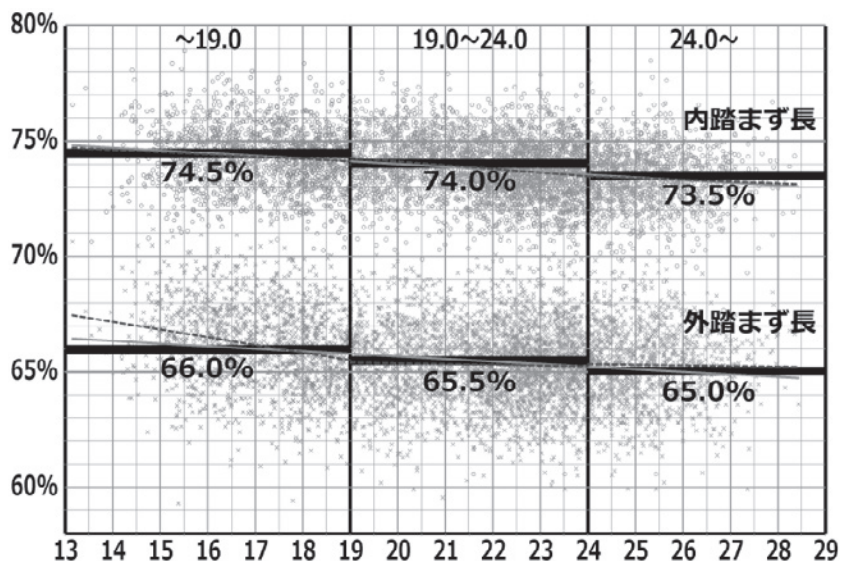


図 8. 内・外踏まず長の足長に対する比率

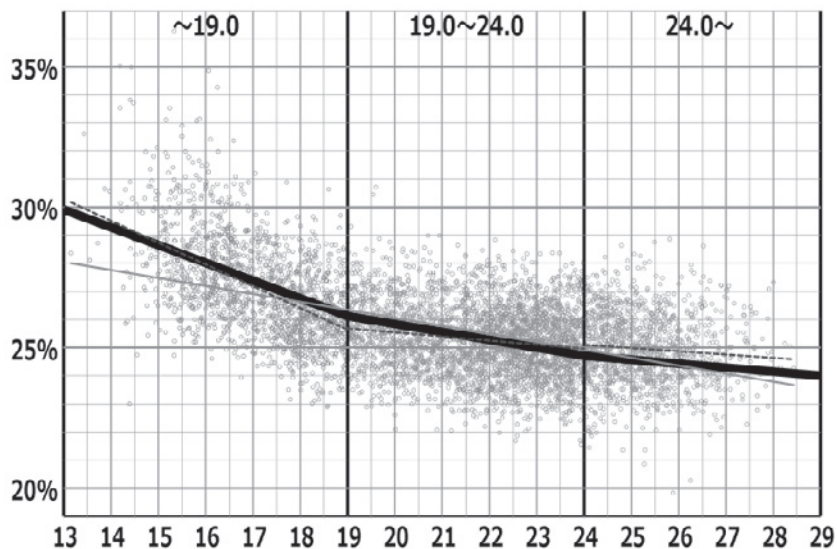


図 9. 踵幅の足長に対する比率

10)

製品のカバー率を検討したところ、Middleに3,768足(62.80%)が該当し、Wideに861足(14.35%)が該当し、Narrowに1,293足(21.55%)が該当した。全体で計6,000足中5,922足(98.70%)のカバー率となった。(図11)

また、靴教育上必要な仕様として、正しい履き方のためのWクロスベルトや、靴の買い替え時期が直感的に判断できるよう、OX(まるばつ)インソールなどの工夫をし、(図12)さらに保護者や児童生徒でも適正なサイズのシューズ選択を可能にするため簡易足計測器を開発した。(図13)

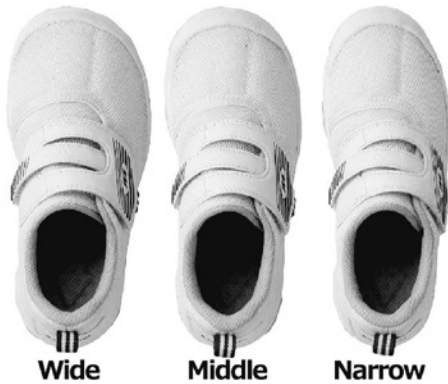


図 10. WMN 複数幅学校用シューズ

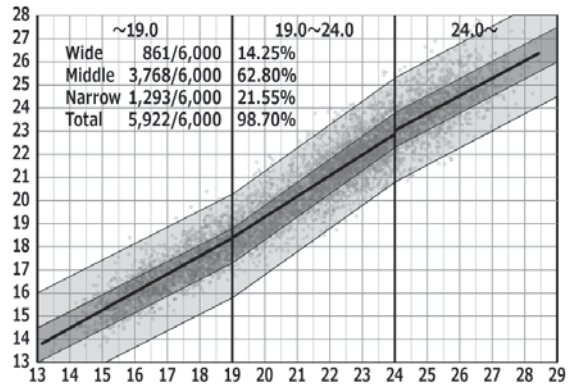


図 11. WMN のカバー率



図 12. 履き方・サイズ確認の工夫

## 5. JASPE 足育推進園・推進校での検証

(公財)日本学校体育研究連合会と JASPE 足育事業を共催し、学校や園での足と靴の健康教育「足育」を進めるとともに、足育推進園・推進校に靴を貸与して、日常的に全員が同じ靴を履いて過ごしてもらい、靴感覚の変化の評価などの調査研究を進めている。靴の貸与時には、シューフィッターが WMN シューズをフィッティングし、さらに子供の感覚で適合度の判断も加味して貸与シューズを決定した。この時、計測サイズと決定サイズには差がみられたが、サイズ変更者は初回の 23.27% から、1 年後には 11.19% と半減し、適合した靴に快適さを覚える傾向に靴感覚が変化しただけではな

いかと推察しており、今後も検討を続けていく予定である。(図 14)

なお、足育推進園・推進校にシューズの在庫を置き、サイズアップなど履き替えが必要な場合は適正サイズに即時交換した。児童数 409 名の小学校で 1 年間に貸与した足数は 799 足 (195.38%) であり、一人あたり年間約 2 足となった。

## 6. 課題と要望

日本は靴の歴史が浅く靴文化が根付いていない。靴の選び方や履き方の知識・技能を習得している人はごく少数であるため、複数幅シューズを作っても、適切なサイズ選択や正しい履き方がともなわなければ効果に結びつかないことが危惧さ

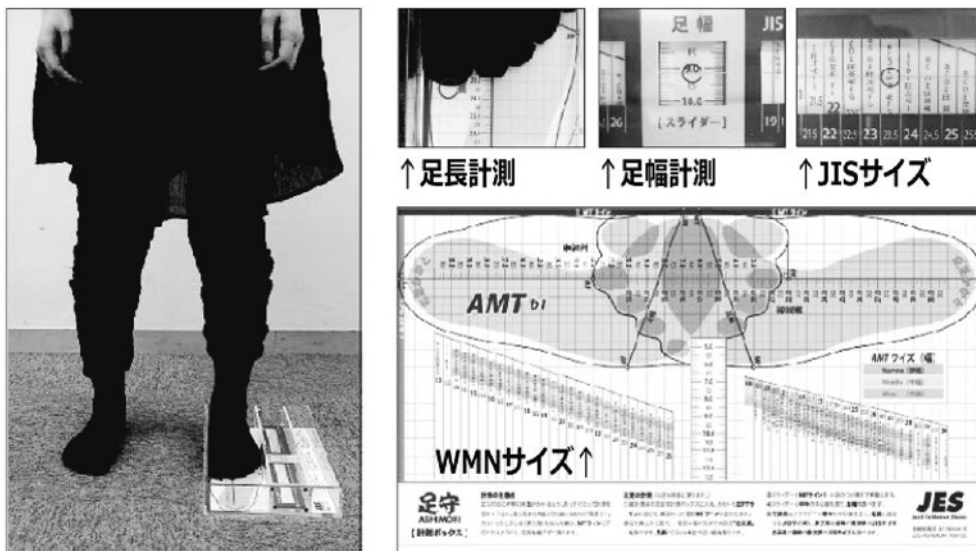


図 13. 簡易足計測器「足守」

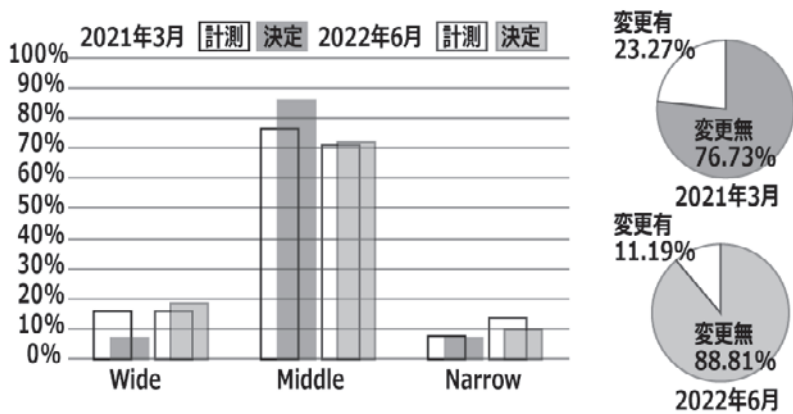


図 14. 計測サイズとフィッティングの差

れ、今後の大きな課題である。

そのためには、学校教育に「足育」を導入し、学校シューズを「教材」とすることが早道であり、足の専門医による、広く一般に向けた足と靴の「正

しい情報」の発信と普及を期待したい。

井口傑先生、吉村真由美先生より、本研究に多大なご助力を頂きました。深謝いたします。

パネルディスカッション

## 入谷式足底板の現状と課題

(病態と力学の両方を改善することへの挑戦)

# Current situation and challenges in the Insole of Iritani-mesod (Challenge to improve both pathology and mechanics)

コンディショニング・ラボ

Contation Lab

園部 俊晴

Toshiharu Sonobe

**Key words** : 入谷式足底板 (Insole of Iritani-mesod), 動作の改善 (Improved movement), 適応 (adaptation), 作製方法 (Production method), 課題 (Challenges)

### 要 旨

入谷式足底板とは、足から身体の姿勢や動作を変化させることにより、身体各関節のメカニカルストレスを減少させ、より効率的な身体動作を誘導するものである。この概念に基づき、足部疾患に限らず、膝・股関節・腰部疾患の疼痛改善、多くのプロスポーツ選手のパフォーマンス向上、小児疾患、高齢者の機能向上、麻痺性疾患の歩容改善など幅広く応用している。この稿では、入谷式足底板の作製方法、現状と課題について説明する。

我々は、有痛性疾患に対して、病態を明確にし、その上で、その病態に対して組織学および力学の両方の視点での介入を行っている。その中で、力学的な介入では、力学的負荷を改善する主要な手技として入谷式足底板を利用している。入谷式足

底板は動作を変化させることを目的としているため、力学的負荷を変化させるために有効なツールとなる。

今回は、入谷式足底板の現状と今後の展望についてお伝えする。

### 入谷式足底板とは

入谷式足底板は、故、入谷誠が考案したもので、従来の足形を合わせる足底板療法の手法とは異なり、姿勢や動作を足からの遠隔操作によってコントロールする概念で作製する。病態の根本原因を捉えそれを改善させていくという、まさに理学療法の本質を貫いた手技の一つと考えている。現在、入谷式足底板の考え方として最も根本となる考え方を次の一文で表すことができる。その一文とは、「入谷式足底板は、足から身体の姿勢や動作を変化させることにより、身体各関節のメカニカルストレスを減少させ、より効率的な身体動作を誘導するもの」である。

(2022/09/30 受付)

連絡先：園部 俊晴 〒216-0033 神奈川県川崎市宮前区宮崎 168-3 コンディショニング・ラボ  
TEL : 045-884-8669 FAX : 045-875-3561  
E-mail : toshiharu.k.i.as@gmail.com





図1. 足底板作製のための直接的評価

### 入谷式足底板の作製過程と特徴

作製過程や方法の大きな特徴として、以下の3つを挙げることができます。

1. テーピングやパッドを用いた評価（足底板作製のための直接的評価）により、足部関節肢位および高さを決定してから作製する（図1）。

2. 足底板作製や作製後の微調整は歩行動作を中心とした、さまざまな動作を確認しながら行う。

3. 身体全体の動きを制御することを目的としているため、両側へ作製することを基本とする。

以上の作製過程を行い、概ね1時間程度で完成し、その日のうちに患者が靴に挿入して持ち帰ることができることも大きな特徴と言える。

### 入谷式足底板の臨床応用

入谷式足底板では、足から身体の姿勢や動作を誘導することを目的としているため、幅広く臨床応用することができる。実際に、足部疾患に限らず、膝・股関節・腰部疾患の疼痛改善、多くのプロスポーツ選手のパフォーマンス向上、小児疾患、高齢者の機能向上、麻痺性疾患の歩容改善など幅広く応用している。今後、さらに改善を重ね、多くの人の健康や健康寿命にも貢献していきたいと考えている。

### 目指している方向

足底板の技術を発展させるために、私が目指し

ているのが「病態と力学の融合治療」である。大切なこととして、動作や姿勢を変えるためには、単に異常を見つけて、それを改善するだけでは、臨床では太刀打ちできない。その理由は、その動作が「逃避」によって生じているのか、それとも、その動作が疼痛を「助長」しているのかは、動作を診ただけでは判断ができないからである。例えば、腰痛患者の姿勢や動作に異常ある場合、この異常が上記の「助長」であれば、姿勢や動作の異常を改善することが疼痛改善に寄与すると考えられる。しかし「逃避」であれば、疼痛をより強めてしまう可能性がある。だからこそ、病態を的確に捉え、病態に応じた動作のコントロールが必要なのである。

つまり、「病態が分かるから、動きの意味が分かる」、そして「動きが分かるから、病態が生じた理由が分かる」、この2つの循環が必要だと私は考えている。そのため、新規の患者では、病態の評価に最も時間を使い、その上で、足底板を作成している。

### 今後の課題

入谷式足底板の評価の主軸は動作分析である。しかし動作分析が評価の主軸でありながら、これを言語化して継承することが難しく、属人的な技術になっていると言わざるを得ない。そのため、属人的な技術から脱却することが最も大きな課題と考えている。

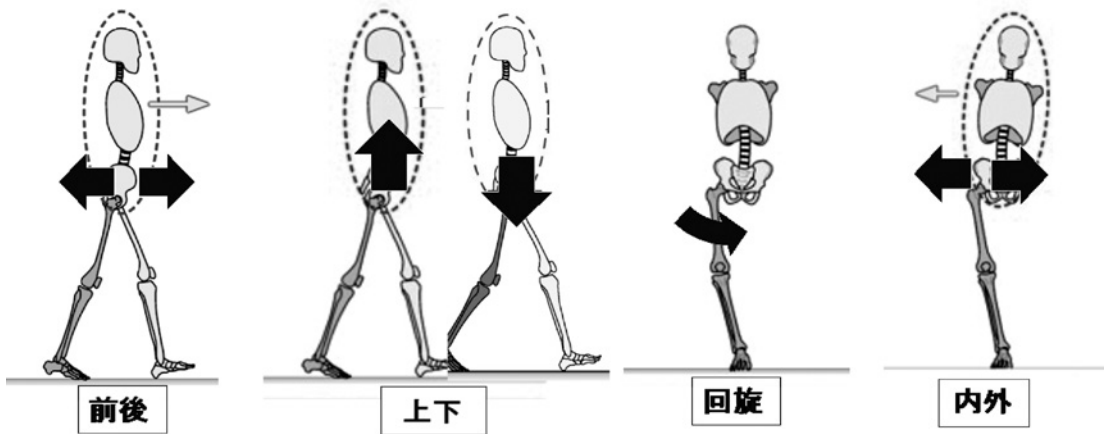


図2. 動作の成分分析

この課題を克服していく方法として、動作を前後、上下、回旋、内外側の4つの成分に分け、動作の成分分析を行うための教育の仕組み化を図っている(図2)。こうした試みの中で、動作を見る練習方法を体系化し、誰でも一定のレベルに押し

上げる仕組みを作りたいと考えている。そしてその先に、足底板によって、動作や姿勢がコントロールできる人材を増やし、医療に貢献していきたいと考えている。

パネルディスカッション

## インソール性能を引き出すシューズ設計

—膝への負担軽減を目指したシューズ設計を事例として—

Footwear designing for the enhancement of insole's function

—A case study of footwear designing for the

reduction of knee strain—

株式会社アシックス スポーツ工学研究所

Institute of Sport Science, ASICS Corporation

市川 将

Masaru Ichikawa

**Key words** : シューズ設計 (Footwear designing), インソール (insole), 膝 (Knee)

### 要 旨

足と靴のインターフェースとなるインソールは、多種多様な足の特徴や症例、目的に合わせて設計をすることが求められる。例えば、変形性膝関節症（膝 OA）患者向けの設計では、膝の内側に負担がかかりやすい傾向を抑制するため、外側楔状板により足の外側が高い傾斜状態を生み出すインソール設計がなされる。しかし、インソール性能は、シューズ形状や剛性に依存し、インソールだけの設計だけでは機能発現に不十分な課題がある。膝 OA 患者 5 名 8 脚を対象に歩行検証を行った結果、厚みを変化させたインソールと硬度を変化させたミッドソールの組み合わせは、膝の内反角度及び内反モーメントの低減効果に効果的であることが確認された。

### 緒 言

近年、健康志向の高まりと共に、一人ひとりの足に適した靴、とりわけ足と靴のインターフェースとなるインソールに対する需要が高まっている。その役割は、足と靴のフィッティング向上や足のアライメント矯正など、足の疾患患者の治療からスポーツにおける競技力向上、障害予防まで多岐に渡る。グローバル化や多様な価値観が尊重される時代において、多種多様な足の特徴や症例、目的に合わせたインソール設計をすることがより重要となっている<sup>1)</sup>。

超高齢社会を迎えている日本においては、生活行動範囲に影響を及ぼす歩行支援が重要な施策の一つである。加齢に伴う筋力やバランス能力の低下、足や膝のトラブルが主な要因となり、長時間快適に歩くことが出来ない高齢者は多い。実際、膝のトラブルの代表例である膝 OA は、2009 年の報告で国内有病者数が 2,530 万人にもものぼると推計されている<sup>2)</sup>。特に、内側型膝 OA は最も良く見られる症例であり、インソールの需要も大きい。

(2023/01/17 受付)

連絡先 : 市川 将 〒650-2271 兵庫県神戸市西区高塚台 6-2-1 株式会社アシックス スポーツ工学研究所  
TEL : 050-1744-3179 FAX : 078-992-0819  
E-mail : masaru.ichikawa@asics.com

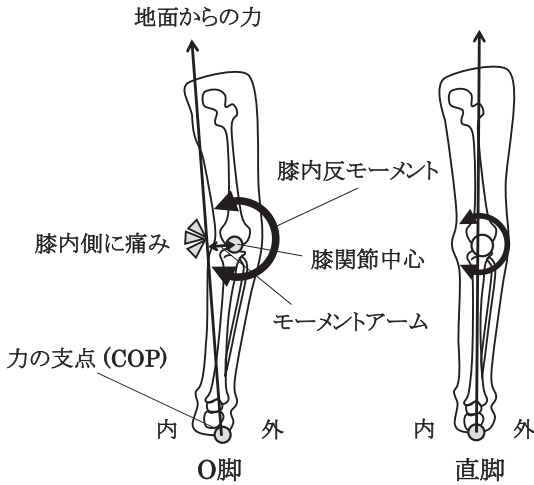


図1. 内側型膝 OA と直脚の比較

そこで、本シンポジウムでは、膝への負担軽減を目指したシューズ設計を事例として、インソール性能を引き出すシューズ設計とその効果に関して紹介した。

### 対象と方法

図1に、対象となる内側型膝 OA と直脚を比較した模式図を示す。内側型膝 OA は、O脚傾向の進行とともに、膝内側に力がかかりやすくなる。この膝内側への力は、膝内反モーメントとして評価され、地面からの力と膝関節中心との距離（モーメントアーム）の積で計算される。先行研究において、膝 OA 患者は、対照群に比べ膝内反モーメントが大きい値を示すことが報告されている<sup>3)</sup>。つまり、内側型膝 OA 向けのシューズ設計を考えた場合、膝内反モーメントを低減し得る設計が重要となり、地面からの力とモーメントアームの両者の要素をともに低減することが必要となる。

地面からの力の低減には、インソールだけでなく、ミッドソールを含めたシューズ全体のクッション性を高めることが重要である。一般的に、ミッドソールはインソールに比べて厚みが大きく、設計自由度が高い為、クッション性に及ぼす影響度も大きい。着地衝撃による力を低減するた

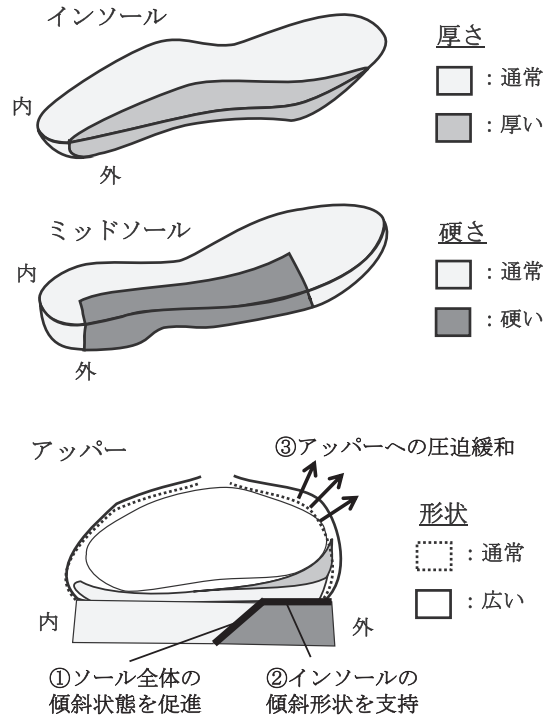


図2. 膝への負担軽減を目指した設計

めには、シューズと地面との接地点となる踵外側部を中心に衝撃緩衝性の優れた材料や構造設計をすることが望ましい。

一方、後者のモーメントアームの短縮には、足部の外側が高く、内側に低い傾斜状態をいかに作れるかが重要となる。この傾斜状態により、図1右側に示すように、下腿が直脚傾向に矯正されると同時に、力の向きが膝関節中心に近づく形になり、モーメントアームが短縮することが期待される。

これらのメカニズムを考慮し、インソールに外側楔状板を用いた処方方が医療機関を中心に広く用いられている。しかし、楔状版の材料が硬いためにクッション性が悪い、効果はソールの硬さに影響する、足の甲部外側がアッパーを圧迫するなどの課題があった。そこで、これらの課題解決と膝への負担軽減の両立を図るべく、図2に示すような設計（ニーサポート構造）を行った。各パーツの特徴は以下に示す通りである（特許第 6639078

号).

・インソール：クッション性や足あたりの良さを考慮し、材料の硬さは一定にすると共に、外側から内側に向かってなだらかな傾斜部を有する構造とした。

・ミッドソール：着地衝撃を考慮し、踵後端部は硬い材料を避けると共に、踵中央部から前足部にかけて外側が硬い材料で中敷の傾斜部を支える構造。なお、硬い材料は①ソール全体の傾斜状態を促進する部分と②インソールの傾斜形状を支持する部分を組み合わせた台形状とした。

・アッパー：足の外側拳上による③アッパーへの圧迫緩和を考慮し、甲の外側部が広い構造とした。

本構造の効果を実証するため、膝 OA 患者に対する快適歩行速度による検証試験を実施した。自立歩行が可能、かつ医師による X 線診断にて膝 OA と診断された膝 OA 患者 5 名 (60-80 代女性) をリクルートし、患足側 8 脚 (膝 KL 分類：グレード  $2.4 \pm 0.7$ ) を対象とした。検証シューズは、以下に示す 3 タイプとした。インソールとミッドソール共にニーサポート構造が搭載された Type-1、通常インソールとミッドソールのみニーサポート構造が搭載された Type-2、インソールとミッドソール共に通常の Type-3 とした。なお、ソール硬度以外、ソールやアッパーの構造はすべて同一とした。

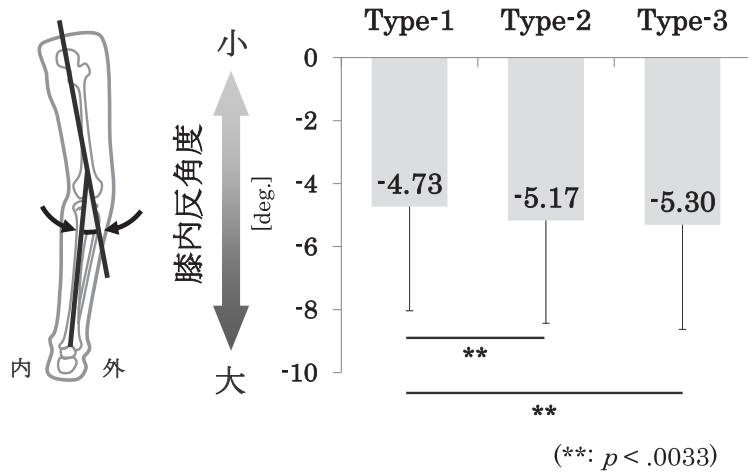
## 結 果

図 3 に膝内反角度及び膝内反モーメントの最大値をシューズ間で比較した結果を示す。その結果、Type-1 は、Type-2 や Type-3 に比べ、膝内反角度及びモーメントが有意に低減することが確認できた。また、被験者の快適性に対する主観評価も高く、柔らかい中敷素材や余裕のあるアッパー構造は、クッション性やフィット性にも好影響を及ぼしていた。

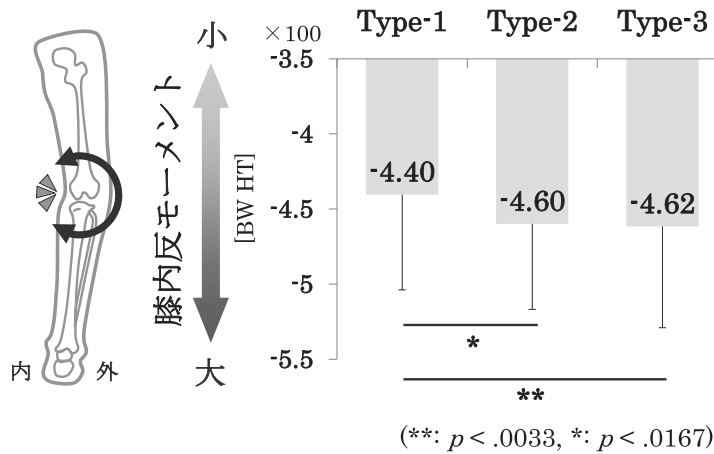
## 考 察

ニーサポート構造のインソールとミッドソールの組み合わせは、通常インソールに比べて、膝への負担軽減に有効であった。また、有意差はみられなかったものの、ニーサポート構造のミッドソール単体でも膝への負担が低減する傾向がみとれた。つまり、インソール単体での効果より、ミッドソールとの組み合わせによる設計によりインソール性能をより高められることが示唆された。一般的に、インソールは足とのインターフェースで直接的に矯正効果を図れる半面、過度な矯正やわずかなずれが違和感を生じるリスクもあり、大多数の人向けでは特に慎重な設計が求められる。一方で、ミッドソールはインソールに比べて設計自由度が大きく、足へのアプローチも間接的になるため、より大胆な設計ができるメリットもある。また、アッパーとの組み合わせも考慮することで、甲側も含めたシューズ全体でのフィット性が向上し、シューズ内での無駄な動きが低減され、インソール性能をより高いレベルに引き上げられると考えられる。

表 1 に示すように、医療機関とシューズメーカーでは、インソールにアプローチできる範囲が異なり、それぞれ利点と欠点がある。医療用インソールは、個人の足の特徴や症例に合わせて、カスタマイズされたインソールを治療目的で提供できる利点がある。しかし、シューズの形状や材料はメーカーによって異なるため、場合によってはシューズとインソールのミスマッチを引き起こし、インソールの性能を十分に活かさないだけでなく、足のトラブルを引き起こす要因にもなる欠点がある。また、個別での設計や製作となるため、高価かつ少人数展開になってしまう課題がある。一方で、シューズメーカーは、インソールの性能を最大限引き出すため、アッパーやソールなど、シューズ全体での設計アプローチが出来ることが強みの一つである。また、平均的かつ傾向の多い足を想定した設計を主とし、安価かつ汎用的に予



(a) 膝内反角度



(b) 膝内反モーメント

図3. 膝への負担軽減効果

表1. 医療機関とシューズメーカーのインソールへのアプローチの違い

注) あくまで一般論としての記載

	医療機関	シューズメーカー
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓個人足や症例に対してカスタマイズ可能</li> <li>✓治療目的で提供可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓シューズ全体での設計が可能</li> <li>✓安価かつ汎用的に予防目的で提供可能</li> </ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓効果がシューズに依存 (形状や素材)</li> <li>✓個別の設計/製作で高価かつ少人数展開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓平均足から外れた場合の対応に制限</li> <li>✓治療目的での提供不可</li> </ul>

防目的でインソールを展開できる利点がある。一方で、平均から大きく外れた足に対する対応、薬

機法の問題により治療目的での処方には制限がある課題がある。これら両者の違いをよく理解し、

双方の知見や技術を融合することができれば、より多くの方により効果的なインソールを提供できると考えられる。

## 結 語

本シンポジウムでは、膝への負担軽減を目指したシューズ設計を事例として、インソール性能を引き出すシューズ設計と効果に関して紹介した。インソールは、シューズのパーツの一部であり、単体では使用することができないため、足だけでなく、シューズ全体でのマッチングを考慮することが重要である。しかし、医療機関とシューズメーカーでは、インソールの製作と提供できる範囲に制限があり、双方だけでは解決できない課題も多い。より多くの人に効果的なインソールを提供するためには、両者の強みと課題を理解し、双方の知見や技術を融合する連携が必要である。

近年、情報処理技術やAI技術の進歩により、シューズメーカーにおいて、AI画像処理による足の計測技術の開発<sup>4)</sup>、アルゴリズムミックデザインや3Dプリントによるデジタル技術を活用したシューズ設計プロセスが進められている<sup>5)</sup>。また、医療業界においてもAI技術の手術への活用や医療ビッグデータの解析など、デジタル技術革新が進められている。これらのデジタル技術は、業界を超えた知見やノウハウの活用を実現し得る基盤

となり得るため、両社が積極的に連携し、共存関係が構築できるビジネスモデルが必要と捉えている。医療現場からは長年培われたインソール設計や効果の知見やノウハウを見える化して共有すると共に、企業からは製造技術を提供していくことも必要である。そのようなプラットフォームが実現すれば、患者の治療から健常者の予防に至るまで、医療機関とシューズメーカー問わず、個人に完全カスタマイズしたインソールを広く製作、提供できると考えている。靴医学に関する産学医が広く集まる本学会を通して、健康寿命延伸の一助となるような連携が望まれる。

## 文 献

- 1) 市川 将, 楠見浩行. 人の足と形態変化. バイオメカニズム学会誌 2019; 43 (2): 89-94.
- 2) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al. Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women : the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. J Bone Mineral Metab 2009; 27 : 620-8.
- 3) Landry S, McKean K, Hubble-Kozey C, et al. Knee biomechanics of moderate OA patients measured during gait at self-selected and fast walking speed. J. Biomech. 2007; 40 (8) : 1754-61.
- 4) 武市一成. 足形計測モバイルアプリケーションの開発. 第24回画像センシングシンポジウム講演予稿集 2018; DS2-04
- 5) 高島慎吾, 谷口憲彦. デジタル技術を用いたシューズ設計プロセスによる新たな価値創造. 日皮協ジャーナル 2022; 87 : 31-34.

パネルディスカッション

## 子ども運動促進を目的としたゲーミフィケーションを活用した スマートシューズの取り組み

### Smart Shoes for Promote Children's Exercise Utilizing Gamification

株式会社バンダイ  
BANDAI Co., Ltd.

中澤 洋介  
Yosuke Nakazawa

**Key words** : エンターテインメントスマートシューズ (Entertainment smart shoes), ゲーミフィケーション (Gamification), 運動促進 (Exercise promotion), 子供 (Child)

弊社バンダイの「子ども運動促進を目的としたゲーミフィケーションを活用したスマートシューズの取り組み」について説明します。

まず、このスマートシューズ事業「エンターテインメントの要素をうまく活用することで子どもたちに楽しく体を動かしてもらいたい」ということが着想となっており、他の先生方、企業の方々とかかなり異なるかと思えます。ただ、商品サービスの結果として得られる、継続的に運動を推進することによるメリットは大きく、ターゲットや視点を変えれば、今後の予防医療や矯正などの観点でのスマートシューズの普及においても、弊社の考え方やアプローチが一助になるかと考えております。

まず商品についてですが、アンリミティブは、シューズとシューズに内蔵するセンサーとスマートフォンアプリを連動させる小学生向けのサービスです。

(2023/01/27 受付)

連絡先 : 中澤 洋介 〒111-8081 東京都台東区駒形  
1-4-8  
株式会社バンダイ ファッションブランド事業  
部 デジタル事業チーム  
TEL : 03-3847-5091 FAX : 03-3847-5092  
E-mail : y-nakazawa@bandai.co.jp

シューズは 3490 円～3990 円で、他社の中心価格にあわせて設定しています。 ※参考 1

センサーは、発売当初は同梱でしたが、現在では別売りとなっております。靴は消耗品で買替ますが、センサーはそのまま付け替えて使うことができるからです。 ※参考 2

商品サービスの開発は 2016 年まで遡るのですが、ちょうどその頃から「スマート家電」が流行り始めていて、当時の展示会でも、「心拍数」、「血中酸素濃度」の計測や、「歩数」、「カロリー計算」といった健康ヘルスケア系の「スマートウォッチ」が人気でした。すでに各社から出ているのを見て、少し視点を変えて、靴に入れてスマホと連動させエンターテインメントと組み合わせると運動が促進できれば、面白いものができるのではないかと考えました。

最初に力点を入れたのは、子どものアンケートでも上位に来る、「足が速くなりたい」という願望です。当時、子どもシューズはそれをかなえるためのものが多く発売されてきました。私感ではありますが、他社のシューズは、靴のソールの機能的デザインによって「履くだけで足が速くなる」といった訴求をしていました。弊社は「運動することで速くなってもらう」というコンセプトなの





参考 1



参考 2

で、お子さまの取り組み次第で、正しい運動をうながせば、誰でも速くなる可能性がある。これであれば、その子なりの成長をサポートすることにもなるので、運動が得意な子どもだけでなく、苦手な子どもたちにも訴求できると考えました。 ※参考 3

シューズメーカーとしては、新規参入になるため、シューズに関しての品質は当然のこととして、他社に負けない機能性を徹底追及しました。子供靴のノウハウを多く持つメーカー OB のアドバイスなども活かしながら、シューズを開発しました。

せっかく子どもに興味を持ってもらって購入してもらっても、実際に継続して運動してもらわないと意味がありません。子どもの運動神経が著しく発達する時期はゴールデンエイジと呼ばれていて、何か一つの運動をさせるよりも「楽しみなが

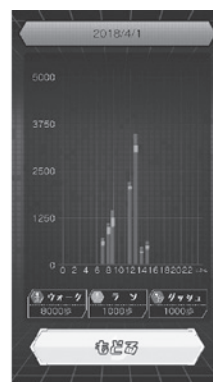
他社商品



スマートシューズ



参考 3



参考 4

ら様々な動作で体を動かす」ことが大事であると言われていました。

そのため、楽しく取り組んでもらえるよう、弊社が得意なエンターテインメント性を付加したプログラムを開発しました。

まずは、歩行速度を3段階に分けた歩数を見える化。日々の歩行や走った記録を確認できるようにしました。 ※参考 4

スマホ携帯不要のため、学校への行き来や校内活動でもカウントができるようになっています。

アプリと運動し運動するモードは、走る、前後左右のステップなどの回数や、ジャンプの跳躍力、スタートの反応速度などが計測でき、運動やスポーツに応用できる基礎的な動きを一人で実践できるようにになっています。 ※参考 5

これらの歩数や運動の記録、回数に応じて獲得したポイントを活用し、アプリ内のミニゲームで



参考 5



参考 6

遊べるようにしました。また、全国、都道府県、学年別などソートして自分の順位が確認できます。また、有識者監修の下、記録によって向いているスポーツを提案する「スポーツ診断」機能も備えています。※参考 6

発売後、アプリ内コンテンツの追加や、定期的にご利用者全員が参加できるアプリ内イベント等を実施し、現在に至っています。

これらの根幹となっているのが、「継続的に運動してもらう」ためのゲーミフィケーションの導入です。この考え方を応用して、予防医療やヘルス

ケア領域においても、患者様や利用者にモチベーションを保ちながら継続してもらうことによる治療や改善、またデータを取得する上でも有益な活用方法があるかと思います。

今後は、ユーザーデータを活用しながら、技術的には、より様々な動きに対応できるように、ソフト面では、楽しみながら運動が継続できるように改良を続けてまいります。

Copyright © 2022 BANDAI CO., LTD. All Rights Reserved.

パネルディスカッション

スマートシューズの扁平足患者への応用

Applications of smart shoes for patients with flatfeet

<sup>1</sup>東京大学整形外科

<sup>2</sup>日本電気株式会社 (NEC) コーポレート事業開発部門事業開発統括部

<sup>3</sup>帝京大学医学部附属溝口病院整形外科

<sup>1</sup>Dept. of Orthop. Surg., The University of Tokyo

<sup>2</sup>NEC Business Development Division

<sup>3</sup>Dept. of Orthop. Surg., Teikyo University Mizonokuchi Hospital

笠井 太郎<sup>1)3)</sup>, 織戸 英佑<sup>2)</sup>, 古川あずさ<sup>2)</sup>, 安井 哲郎<sup>3)</sup>

Taro Kasai<sup>1)3)</sup>, Eisuke Orito<sup>2)</sup>, Azusa Furukawa<sup>2)</sup>, Tetsuro Yasui<sup>3)</sup>

**Key words** : スマートシューズ (smart shoes), 患者 (patient), 扁平足 (flatfoot), インソール (insole)

要 旨

IT 技術の進歩により現在さまざまなスマートシューズが開発され、主に健康増進を目的として使用が広がっている。しかし患者に対する応用は始まったばかりである。スマートシューズは従来の歩容計測デバイスに比べ、計測やデータ処理の簡便さ、低コスト、実験環境に縛られない計測環境から、患者に対する使用において利点があると考えられる。今回、日本電気株式会社 (NEC) が開発したインソール内蔵型のスマートシューズを使用し、扁平足患者において、インソールの形状が歩行に与える影響を明らかにした。今後スマートシューズの患者への応用はさらに広がることが期待される。

はじめに

スマートシューズは 2010 年代に初めてその名

(2023/02/06 受付)

連絡先 : 笠井 太郎 〒113-0033 東京都文京区本郷  
7-3-1 CRC 棟 3 階 東京大学整形外科学講座  
TEL : 03-3815-5411 FAX : 03-3818-4082  
E-mail : kasait-ort@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

前が世の中に出現し、現在本邦でもいくつかのスマートシューズが販売されている。しかしスマートシューズの主なターゲットは一般人に対する健康増進が主な目的であり、患者への応用はまだ広がっていない。

扁平足は、後天性の後脛骨筋腱機能不全症などが原因で足部のアーチが低下した状態である。保存療法として低下したアーチを補正するインソール療法が選択されることが多い。これまでの扁平足用インソールに関する研究はモーションキャプチャを用いた研究が大半であり<sup>1)</sup>、センサを体表に装着した状態での実験室内の短距離歩行では実際の使用状況を反映していないことが問題であった。

今回われわれは、インソール内蔵型のスマートシューズを使用して、実際の使用状況に近い環境で、扁平足用インソールが歩行に与える影響を明らかにする研究を行った。

方 法

保存療法目的でインソールを採型した足部痛を伴う成人扁平足患者、33 人 61 足を対象とした。扁平足以外に歩行障害をきたす既往のある患者



図1. NEC 歩行センシングウェルネスソリューション®

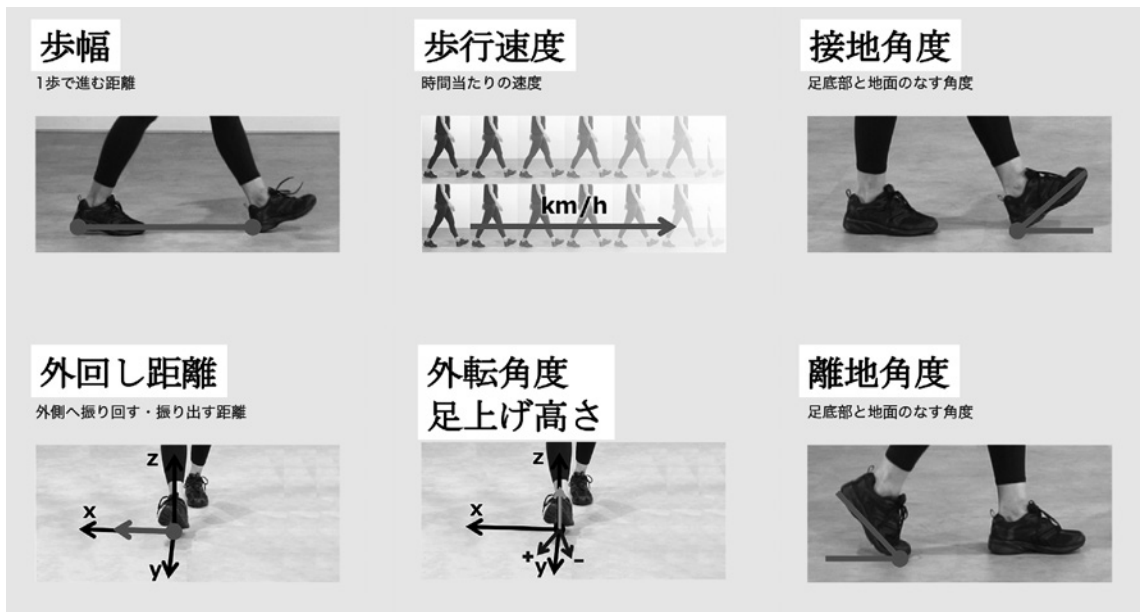


図2. 計測可能な歩行パラメータ

や、歩行補助具を使用している患者は除外した。

今回われわれが使用したスマートシューズは、NECが開発したインソール内蔵型のスマートシューズ (NEC 歩行センシングウェルネスソリューション®) である。(図1) 本スマートシューズは、インソール内蔵型の小型センサとモバイルアプリから構成される。小型センサは加速度と角速度を同時に計測することが可能であり、歩幅、歩行速度、接地角度、外回し距離、外転角度、足

上げ高さ、離地角度などを測定できる。(図2)

インソールの底面に作成した窪みにデバイスを設置し、スマートフォンの専用アプリケーションを起動し歩行を開始するだけで、歩行データが自動的に計測される。歩行データはBluetooth®を介してアプリケーション内で即座に確認することができる。また歩行データはアプリケーションを経由してクラウドデータベースに自動的に保存される。



図3. インソールの種類(扁平足用のアーチ型, フラット型)

健常人の通常歩行において, 本デバイスとモーションキャプチャの歩行パラメータの計測値が強く相関しており, 本デバイスの精度は保証されている<sup>2)</sup>.

本デバイスは一般ユーザー向けには A-RROWG<sup>®</sup>の商品名で2020年より販売を開始しており, 年々利用が拡大している.

この計測デバイスを内蔵した扁平足用のアーチ型インソールとフラット型インソールを準備した.(図3) また基準値を得るための通常型インソールも準備した.(図1) 計測時の靴は統一した. 各インソールそれぞれ50mの直線歩行を行い, 歩行パラメータを計測した. 歩行パラメータとしては, 歩幅, 歩行速度, 接地角度, 外回し距離, 外転角度, 足上げ高さ, 離地角度を計測した.

フラット型とアーチ型インソールの歩行パラメータの値を比較するにあたり, 患者間の骨格の影響を補正するために, 通常型インソールの値を基準値とし, それに対するフラット型およびアーチ型インソールの値の割合をそれぞれ算出し解析に用いた. 連続変数の比較には student's t-test を用いた. 有意水準は5%未満とした.

## 結 果

いずれの計測も計測開始から終了までに要した時間は1人あたり15分以内であった.

アーチ型インソールはフラット型インソールに比べて, 歩行時の足部の外転角度は大きく, 離地角度は小さかった. 歩幅, 歩行速度, 接地角度,

表1. 歩行パラメータの2群間比較(通常型インソールに対する比率, %, 平均値±標準偏差)

	フラット型	アーチ型	P 値
歩行パラメータ(61足)			
歩幅	101.3±3.4	100.5±3.8	0.20
歩行速度	101.2±4.2	101.3±4.9	0.93
接地角度	98.5±8.1	101.2±8.7	0.08
外回し距離	103.6±22.7	109.2±38.0	0.32
外転角度	103.2±16.6	125.8±41.6	<0.01
足上げ高さ	93.1±5.2	92.9±4.3	0.81
離地角度	99.9±3.6	98.2±4.7	0.03

P 値の算出には student's t-test を使用

外回し距離, 足上げ高さに有意差はなかった.(表1)

## 考 察

今回われわれはインソール内蔵型のスマートシューズを用いて, インソールの入れ替えのみで非常に容易に, かつ患者に負担をかけずに歩行データを取得することができた.

スマートシューズの医療への活用は始まったばかりである. 現時点ではスマートシューズに関する報告の多くはデバイス自体の紹介や健常人のデータに留まり, 患者への応用の報告は少ない<sup>3)</sup>. 従来, 歩行を計測する機器としてはモーションキャプチャシステムがよく知られている. しかしモーションキャプチャシステムは広い設置場所, 高額なコスト, 計測に要する多くの時間, また被験者への負担などから, 患者への使用には問題があった.

一方, スマートシューズはこれらの問題を解決しうるさまざまな利点がある. 医師目線では院内で簡単に計測が可能であること, 低コスト, 学術的新規性があげられる. 患者目線では, 低侵襲であり, 外来受診時に計測することが可能であることがあげられる. またコロナ禍においては多くの患者に対する臨床研究が実施の制限を受けていると考えられるが, ウェアラブルデバイスはその計測の簡便さや, 計測場所を問わない利便性から, 感染リスクの少ない計測方法として世の中に受け

入れられるのではないかと考えられる。

これまでのスマートシューズの整形外科患者への応用事例としては、脊椎手術前後の歩行評価<sup>4)5)</sup>、人工股関節術後のリハビリテーション<sup>6)</sup>など、いくつかの報告がある。今回われわれが使用したインソール内蔵型のスマートシューズは、特にインソールを保存療法として用いる足部足関節疾患に関して、大きな可能性を秘めた新しい計測機器になりうると著者らは考えている。また、スマートシューズは単なる計測機器としての役割に留まらず、バイオフィードバック機能などを搭載することで治療への介入も期待できる。

### 結 語

スマートシューズは健常人の健康増進の目的だけでなく、患者への使用においても幅広い分野で応用を期待できる。

### 文 献

- 1) Herchenroder M, Wilfling D, Steinhäuser J. Evidence for foot orthoses for adults with flatfoot : a systematic review. *J Foot Ankle Res* 2021 ; 14 (1) : 57.
- 2) Fukushi K, Huang C, Wang Z, et al. On-Line Algorithms of Stride-Parameter Estimation for in-Shoe Motion-Sensor System. *IEEE Sensors Journal* 2022 ; 22 (10) : 9636-48.
- 3) Subramaniam S, Majumder S, Faisal AI, et al. Insole-Based Systems for Health Monitoring : Current Solutions and Research Challenges. *Sensors (Basel)* 2022 ; 22 (2) : 438.
- 4) Lee SI, Park E, Huang A, et al. Objectively quantifying walking ability in degenerative spinal disorder patients using sensor equipped smart shoes. *Med Eng Phys* 2016 ; 38 (5) : 442-9.
- 5) Lee SI, Campion A, Huang A, et al. Identifying predictors for postoperative clinical outcome in lumbar spinal stenosis patients using smart-shoe technology. *J Neuroeng Rehabil* 2017 ; 14 (1) : 77.
- 6) Marin L, Vandoni M, Zaza G, et al. The Effects of Insole-Based Visual Feedback on Weight-Bearing in Patients Undergoing Total Hip Replacement. *Int J Environ Res Public Health* 2021 ; 18 (7).

ルーキーセッション

高齢者における靴の適合性と Arch Height Index の関連

Association between shoe fit and  
the Arch Height Index in the elderly

<sup>1</sup>医療法人整肢会 副島整形外科病院

<sup>2</sup>医療法人整肢会 副島整形外科クリニック

<sup>3</sup>帝京大学 福岡医療技術学部 理学療法学科

<sup>1</sup>Medical Corporation Seishikai Soejima Orthopedic Hospital

<sup>2</sup>Medical Corporation Seishikai Soejima Orthopedic Clinic

<sup>3</sup>Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Technology Teikyo University, Fukuoka

牧野光一朗<sup>1</sup>、溝田 丈士<sup>1</sup>、新留 知<sup>1</sup>、石橋 孝亮<sup>2</sup>、壇 順司<sup>3</sup>

Koichiro Makino<sup>1</sup>, Takeshi Mizota<sup>1</sup>, Tomo Shindome<sup>1</sup>, Kousuke Ishibashi<sup>2</sup>, Junji Dan<sup>3</sup>

**Key words** : 高齢者 (elderly), 靴 (shoes), 靴の適合性 (shoe fit), 内側縦アーチ (Medial Longitudinal Arch)

要 旨

高齢者において足に適合した靴を履くことは、バランス機能の改善が期待されるため、転倒予防の観点から重要である。一般的に靴を適合させるためには、足長・足幅・足囲などの計測項目が用いられるが、個人によって異なる内側縦アーチ(以下、アーチ)の高さについては考慮されていない。本研究では、高齢者59名118足を対象とし、靴の適合性とアーチの高さを評価できる Arch Height Index (以下、AHI) の関連を調査した。その結果、靴の適合性と AHI に有意な関連が認められ ( $r=0.25$ ,  $p<0.01$ )、AHI が高い者ほど、靴は不適合であった。よって、AHI が高い者では、靴の選択時に足背部やインソールでの調整が必要であ

り、従来の計測項目に加え、AHI を計測することで靴の適合性を向上させることが示された。

緒 言

我が国における65歳以上の高齢者で要介護者となる原因の第4位として、転倒に伴う骨折があり、その転倒リスクの一つとしてバランス機能の低下が挙げられる<sup>1)</sup>。バランス機能には、年齢や最大足趾把持力など様々な因子が関連するとされているが、その中の一つに靴の重要性が報告されている<sup>2)~4)</sup>。靴は、若年者から高齢者まで幅広い年齢層に使用され、歩行などの動作を補助する日用品である。高齢者において足に適合した靴を履くことは、静的バランス能力および動的バランスを向上させることが報告<sup>5)</sup>されており、転倒予防や歩行能力向上の観点から重要である。

靴を選択する際のフィッティングにおいては、一般的に足長・足幅・足囲の計測が用いられる。しかし、市販の店頭販売では足長に応じたサイズ展開は豊富であるものの、足幅や足囲のサイズ展

(2023/01/27 受付)

連絡先 : 牧野光一朗 〒843-0024 佐賀県武雄市武雄町  
大字富岡7641-1 医療法人整肢会 副島整形  
外科病院 リハビリテーション科  
TEL : 0954-20-0388 FAX : 0954-20-0377  
Email : sj1997makino@yahoo.co.jp

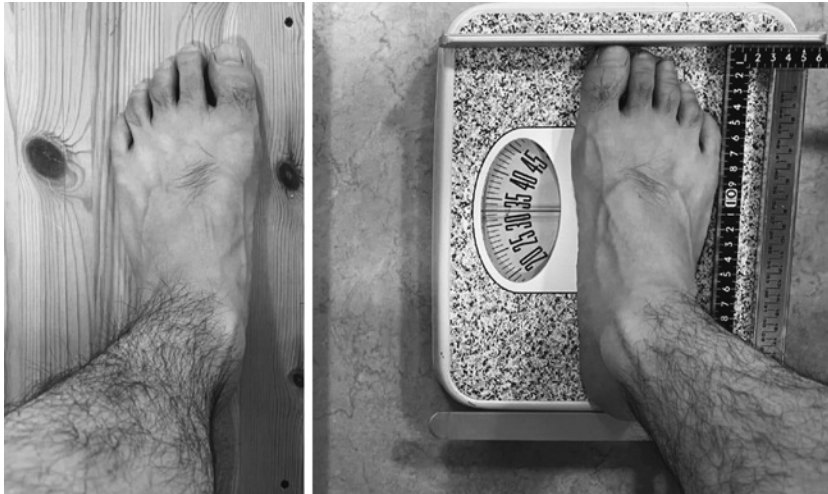


図 1. 足長の計測方法

支持なしの両側立位にて、体重の50%荷重位にてノギスを用い足長を計測した。

開は乏しい現状がある。また、医療現場では、実際の足長よりも大きい靴を着用している者が多く、自覚的な足長は認識しているが、足幅や足囲のサイズは認識していない者が多数存在する。

そのため、本研究では、認知度の高い足長に着目し、足長の実測値と靴のサイズの差を「靴の適合性」と定義し調査することとした。また、荷重により足長とアーチは変化することから、靴の適合性を高める上ではアーチを考慮すべきであると考える<sup>6)</sup>。しかし、アーチと靴の適合性との関連を調査した報告は少なく、レントゲンとの高い妥当性が確認されている AHI<sup>7)</sup>と靴の適合性の関連は報告されていない。よって、靴の適合性と AHI の関連を調査し、靴の適合性向上の一助とすることを目的とした。

### 対象と方法

対象は、2020年8月から2021年3月の間に当院に入院した患者で、支持なしにて立位保持が可能であった高齢者59人で（男性23人、女性36人）左右118足とした。年齢は $75.5 \pm 7.4$ 歳、身長は $155.04 \pm 9.52$ cm、体重は $58.09 \pm 11.32$ kg、BMIは $23.94 \pm 3.24$ であった。倫理的配慮として、本研

究はヘルシンキ宣言に従った。対象者には事前に個人情報の遵守と研究の趣旨や内容を口頭にて説明した。

方法では、評価項目を靴のサイズ・体重の50%荷重位での足長（以下、足長）・靴の適合性・AHIとした。靴のサイズは、靴に記載されている表示とした。足長は、立位にて体重の50%荷重位を体重計で確認し、ノギスを使用し計測した。（図1）靴の適合性は、靴のサイズと足長の差より算出した。AHIは、まずカメラ搭載のスマートフォンにて、足部内側面および母趾内側面にて第1中足趾節関節中央部に検者の示指先端中央部を位置させた状態を保持し撮影した。（図2）次に画像をImageJに読み込み、ノギスにて計測した足長でスケールし、足長の50%地点でのアーチ高（Arch Height：以下、AH）と第1中足趾節関節中央部から踵部最後端までの距離（Truncated Foot Length、：以下、TFL）を画像上で計測した。その後AHをTFLで除してAHIを算出した。（図3）

統計解析は、従属変数を靴の適合性、独立変数をAHI、調整変数を性別、体重、年齢とした線形回帰分析を実施した。なお、統計学的有意水準は



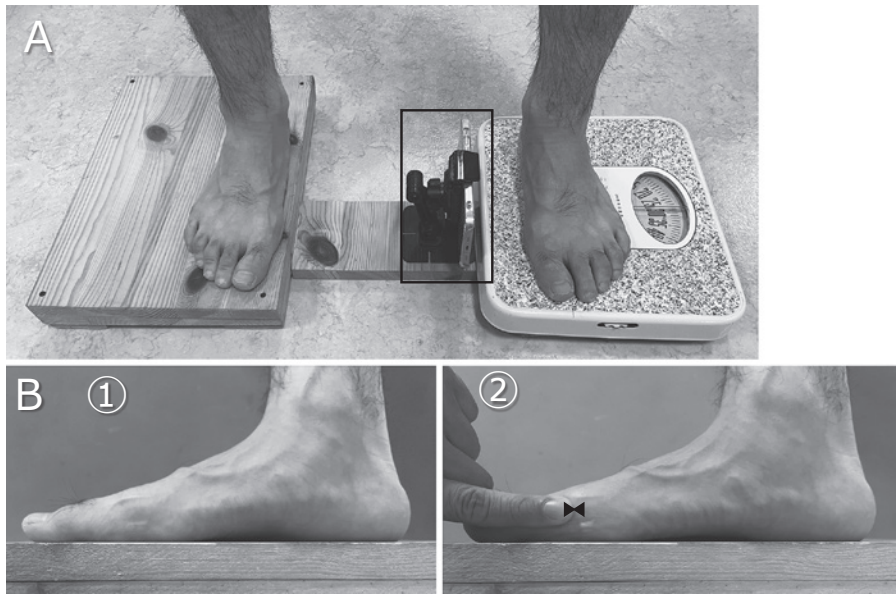


図2. 足部内側面の撮影

A 撮影条件は、体重の50%荷重位とし、足部内側面から20cmの距離にスマートフォン搭載のカメラを床面に対し、垂直に固定した。

B Aの条件にて、①足部内側面及び②足部内側面にて第1中足趾節関節中央部に検者の示指先端中央部を位置(▲)させた状態を撮影した。

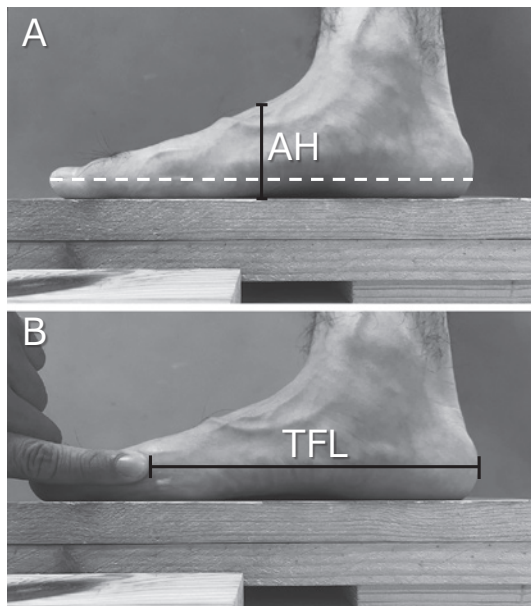


図3. 画像(Image J)を用いたAHIの算出方法

A 図1.で計測した足長(点線)より、足長の50%地点でのAHを計測した。

B 足部内側面にてTFLを計測した。

5%未満とした。

## 結 果

靴のサイズは、 $24.43 \pm 1.38$ cm、体重の50%荷重位での足長は、 $23.44 \pm 1.37$ cm、靴の適合性は、 $1.00 \pm 0.76$ cm、TFLは、 $17.72 \pm 1.25$ cm、AHは、 $6.16 \pm 0.7$ cmであり、AHIは、 $0.348 \pm 0.03$ であった。AHIの正常範囲は平均値 $\pm 1.5$ SDとし<sup>7)</sup>、AHI0.303以下は扁平足、0.393以上はハイアーチとした。

靴の適合性とAHIに有意な関連が認められ( $r=0.25$ ,  $p<0.01$ )、靴の適合性が低いほど、AHIは高値を示し、靴の適合性が高いほどAHIは低値を示した。(図4)アーチの高い者は、靴の適合性が低下しており、実際の足長よりも大きいサイズの靴を選択している結果であった。また、調整変数による調整後の結果(Adjusted model:  $\beta = 5.06$ ,  $p=0.02$ )では、靴の適合性とAHIの関連は頑健であった。(表1)

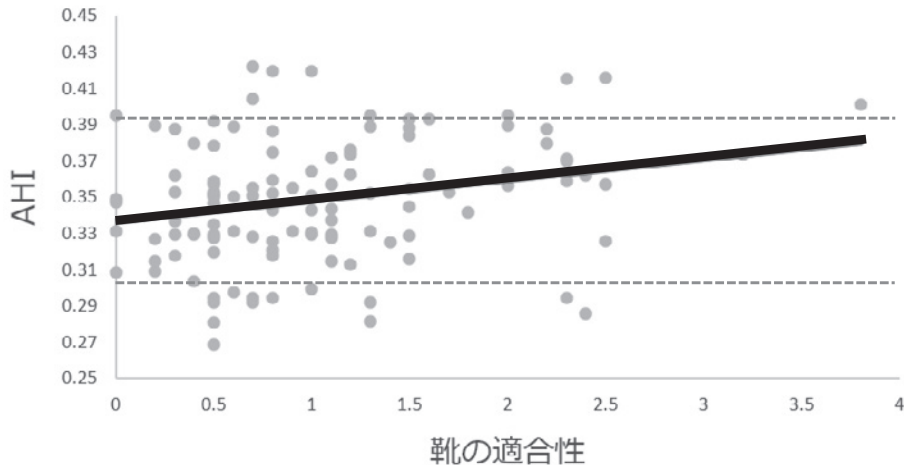


図4. 靴の適合性と AHI の関連

靴の適合性と AHI に有意な関連が認められた ( $r=0.25$ ,  $p<0.01$ ).

図中の点線は、AHI の平均値  $\pm 1.5SD$  を基準範囲とし、AHI が下部点線より低い場合は扁平足、上部点線より高い場合はハイアーチを示す。

表1. 線形回帰分析の結果

	$\beta$	SE	P 値	$R^2$
AHI	5.06	2.1	0.02	0.08
性別	0.25	0.17	0.14	
体重	0.01	0.01	0.37	
年齢	0.01	0.01	0.35	

## 考 察

高齢者の転倒は、バランス機能の低下によって引き起こされ、その要因の一つとして靴の不適合性が挙げられる。今回の調査では、アーチが高い者は、靴の適合性が低下しており、実際の足長よりも大きいサイズの靴を選択していることが示された。アーチが高いと距骨下関節が回外傾向となり、足背部が靴のアップー部を押し上げるため、足背部での接触圧が増加して足長が合っていないにもかかわらず、上部の密着度が高くなり適合性が良くなっていると感じていると考えられる。また、歩行動作では、静止立位時と比較し足背部の接触圧が増加することが報告されている<sup>9)</sup>。そのため、歩行時に足背部での接触圧がより増加するので、圧迫感や締めつけ感を感じるようになる。それを回避する

ために足長よりも大きいサイズの靴を選択していることも考えられる。高齢者の靴選びに関しては、靴の種類によって足背部での接触圧が変化するため、特に AHI が高い者では、足長に合わせるよりもアップー素材への接触圧の調整が可能な紐やマジックテープタイプの靴を選択してもらうことが、靴の適合性につながると思う。

一方、対象者の靴の中敷きはフラットタイプが多く、AHI が高い者は、アーチが高くなるため足底面でのフィット感は得られにくくなる。この不適合は、足圧中心 (center of pressure : COP) の動揺性を生じやすくし、バランス機能を損なわせることになる。よって、足底面側でのフィット感を得るためには、靴の選択時に既成のアーチがついている靴を選ぶか、アーチ形状に合わせたオーダーメイドのインソールを挿入することを推奨すべきである。AHI が高く、アップー部の接触圧が強いことで靴の不適合性を生じさせているのであれば、フィッティング時に足長・足幅・足囲に加えて、AHI を計測することで適合性が高い靴を選択でき、バランス機能が高くなる靴のフィッティングにつながることを示唆された。

## 結 語

本研究では、靴の適合性と AHI に有意な関連が認められた。よって、靴を選択する際には、足長・足幅・足囲などの従来の計測項目に加え、AHI を計測することで靴の適合性を向上させる可能性が示された。

## 文 献

- 1) 内閣府. 令和元年版1章高齢化の状況. [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s2s\\_02\\_01.pdf](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s2s_02_01.pdf) (閲覧日 2022 年 12 月 10 日).
- 2) 鈴木康裕, 中田由夫, 加藤秀典他. 重心動揺計を用いた動的バランス能力と年齢の関連. 体力科学 2015; 64: 419-25.
- 3) 中村萌子, 隴本躍子, 田中玲子他. 認知症高齢者の足趾把持力とバランス機能, 除脂肪量との関連性 (第 1 報). 理学療法の臨床と研究 2021; 30: 89-91.
- 4) Cudejko T, Gardiner J, Akpan A, et al. Minimal footwear improves stability and physical function in middle-aged and older people compared to conventional shoes. Clinbiomech 2020; 71: 139-45.
- 5) Cudejko T, Gardiner J, Akpan A, et al. Minimal shoes improve stability and mobility in persons with a history of falls. Sci Rep. 2020; 10: 21755.
- 6) 大窪伸太郎. 荷重条件の違いによる足部形状変化. 日本義肢装具学会誌 2010; 26: 195-201.
- 7) Williams DS, McClay IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. Phys Ther 2000; 80: 864-71.
- 8) 武末 慎, Yeap LH, 村木里志他. 靴着用時における歩行中の足甲接触圧の経時変化. 人間工学 2018; 54: 108-14.
- 9) 武末 慎, Yeap LH, 古達浩史他. 靴の種類の違いが歩行中の足甲接触圧に与える影響—ビジネスシューズおよびウォーキングシューズを例に—. 人間工学 2021; 57: 70-7.

ルーキーズセッション

## 短時間の足半着用歩行が足趾屈曲筋力に及ぼす影響

# The effects of short-term “ASHINAKA” walking on toe flexion muscle strength

<sup>1)</sup>早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

<sup>2)</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院

<sup>1)</sup>Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

<sup>2)</sup>Faculty of Sport Sciences, Waseda University

酒井 太郎<sup>1)</sup>, 劉 紫劍<sup>1)</sup>, 清水 祐樹<sup>1)</sup>, 前道 俊宏<sup>2)</sup>, 熊井 司<sup>2)</sup>

Taro Sakai<sup>1)</sup>, Zijian Liu<sup>1)</sup>, Yuki Shimizu<sup>1)</sup>, Toshihiro Maemichi<sup>2)</sup>, Tsukasa Kumai<sup>2)</sup>

**Key words** : 足半 (ASHINAKA), 足趾把持力 (Toe gripping force), 母趾屈曲筋力 (great toe flexor muscle strength), 第2～5趾屈曲筋力 (Lesser toe flexor muscle strength), 足部内在筋 (Intrinsic foot muscle)

## 要 旨

足半 (あしなか) は、踵が地面に直接触れる前足部のみの草鞋であり、現代では、足底感覚や足趾屈曲筋力の向上を期待されている。本研究は、短時間の足半着用歩行が足趾屈曲筋力へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。対象者は足半着用経験のない一般男性7名とし、足半着用とスニーカー着用において5分間の歩行課題 (日常生活歩行速度) を行った。各歩行課題実施前後に母趾屈曲筋力と第2～5趾屈曲筋力をハンドヘルドダイナモーターにて測定した。

足半のみ歩行課題実施前後で母趾屈曲筋力が上昇した。足半歩行では、足趾で鼻緒を挟み、足半の先端を覆うように把持するため、足趾屈曲に関与する筋を促通させる可能性が示唆された。

## 1. 緒 言

シューズ開発の発展により、我々は以前と比べ、より足に優しいシューズによって支えられている。しかし、裸足や下駄歩行が多い者が、靴を習慣的に着用する者と比べ、外反母趾が少ないことや<sup>1)</sup>、ランニングシューズでトレーニングをするランナーと比較して、裸足でトレーニングをするランナーは障害発生率が低かったことが報告されている<sup>2)</sup>。そのため、足部機能を補完するシューズは、足部の発達を抑制している可能性も考えられる。このような問題意識から、健康増進やリハビリ効果を謳った履物や装具が数多く発売され、その中の一つに足半 (あしなか) という日本伝統の履物がある。足半とは、踵が地面に直接触れる草鞋の総称であり、足長の半分 (前足部: 足根中足関節より遠位部) しか保護しないという特徴がある<sup>3)</sup>。(図1) 鎌倉時代から戦後にかけて、武士や飛脚が足部の最低限の保護と足の機能向上を目的に履き、明治以降は、水中で滑りづらいことから、農作業に広く使用されてきた<sup>4)</sup>。洋靴の浸透と農作

(2023/02/09 受付)

連絡先: 酒井 太郎 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島  
2-579-15

TEL: 080-2628-8714

E-mail: urutora1021@akane.waseda.jp

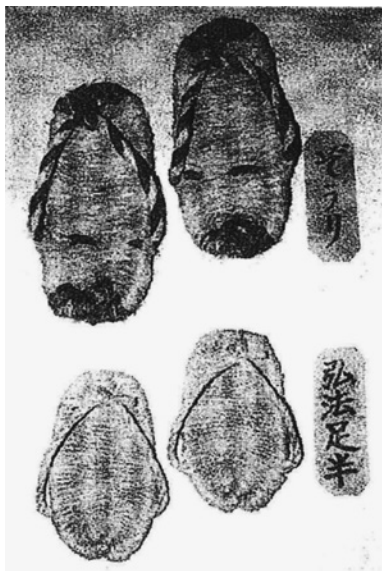


図1. 足半 (上が普通の草履, 下が足半草履)<sup>3)</sup>

業の機械化により、現在ではほとんど使用されなくなったが、船上で、魚の油や水垢に滑らずに踏ん張ることができるために、長良川鵜飼が現在も使用している<sup>5)</sup>。

今回、研究対象とする足半は、現代人の足の変形を危惧した足半屋が「足を戻す・作る・鍛える」ことを目的に市販したもので、製法は長良川鵜飼いが使用するものを再現している。足半屋によると、この足半は足底のアーチ構造をサポートし、足裏に適切な傾斜と踵に十分な自重をかけることで、足本来の圧力緩衝機能を発揮させる。また、鼻緒を把持することで、足趾屈曲筋へのトレーニング効果が期待できるため、繰り返し着用することで、足趾把持筋力向上や足部アーチ機能の改善が期待できると説明されている<sup>4)</sup>。足半に類似した履物に関する先行研究としては、鼻緒のような足趾間で挟むことに着目したものが少数だが存在する。長谷らは、草履を模擬した装具の効果として、装具の指掛け紐による第1～2足趾間への刺激が、歩行時の足趾間距離・足幅・母趾の足底圧力の増加を引き起こし、歩行姿勢の安定やリハビリ効果をもたらす可能性があるとして報告している<sup>6)</sup>。また、

高質量ビーチサンダル装用下での歩行訓練は第1足趾間の把持筋力とバランス能力を改善したという報告も存在する<sup>7)</sup>。しかし、足半独自の構造がもたらす足部や足趾への効果を科学的根拠に基づいて調査した研究は未だ存在しない。

そこで、本研究では、足半着用の効果を検討する最初の試みとして、短時間の足半着用歩行が及ぼす足趾屈曲筋力への影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方 法

### a. 対象

足半の着用経験がない一般男性7名を対象とした。対象者は平均年齢 $21.7 \pm 1.0$ 歳、身長 $174.8 \pm 4.7$ cm、体重 $70.0 \pm 10.4$ kg、靴のサイズ $27.3 \pm 0.9$ cmであった。また、過去に下肢の手術歴がない者、実験実施時に外傷のない者を対象とした。対象者には実験概要を口頭で説明し、同意を得た。

### b. 足半

本研究では、足半屋（日本）が販売する一般男性用の「足半（鵜匠バージョン）」<sup>4)</sup>を使用した。長良川鵜飼が現在も使用する足半を竹皮によって復元したもので、数ある足半の形状の中で最も長さが短いことが特徴である。実験に使用する足半は、長さ10.5cm、幅9.6cm、高さ1.3cm、重さ130gであった。このサイズは日常的に約25～28cmのシューズを履く者に推奨されるサイズである。主な素材は竹皮となっており、鼻緒にワラ縄と木綿、底には天然ゴムが使用されている。（図2）踵を地面に付け、鼻緒を深く足趾で挟み込むことが正しい履き方のポイントである。（図3）また、歩行の際は、足半を装着している前足部から着地し、踵まで足底全体を接地させることが推奨されている<sup>4)</sup>。

### c. 測定

#### ■実験概要

対象者は、足半を着用し、5分間の歩行課題（日常生活歩行速度：図4）を行い、歩行課題実施後の母趾、第2～5趾の足趾筋力を測定した。足半

の即時効果を比較検討するために、一週間後に歩行課題をスニーカー(使用頻度の最も高い運動靴)着用に変更して、同様の測定を行った。

#### ■足趾屈曲筋力測定

ハンドヘルドダイナモメーター(以下HDD)(酒井医療社製)を用いて、母趾、第2~5趾の足趾屈曲筋力の測定を行った。(図5)測定は歩行課題実施前後に座位で行い、膝関節屈曲90度、足関節底



図2. 実験で使用した足半

背屈0度とした。測定側である右足を厚さ約5cmの木板の上に乗せ、HDDには対象の足趾以外が触れないように留意し、足趾が可能な限りHDDの中心を押せるように測定機材の位置を調節した。被験者には足趾を鉛直方向にできるだけ強い力で押すように指示した。測定はすべて3回連続で行い、最初の2回を練習試技とし3回目を解析対象とした。

#### ■統計処理

統計解析には統計ソフトSPSSソフトウェア(SPSS Statistics28, IBM, USA)を用いて解析し、各項目で得られた代表値を平均値±標準偏差で示した。足半歩行実施前後の足趾屈曲筋力の値はShapiro-Wilk検定により、値の正規性が確認できたため、対応のあるt検定を用いて解析した。同様に、スニーカー歩行前後の足趾屈曲筋力の値も正規性が確認できたため、対応のあるt検定を用いて解析した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

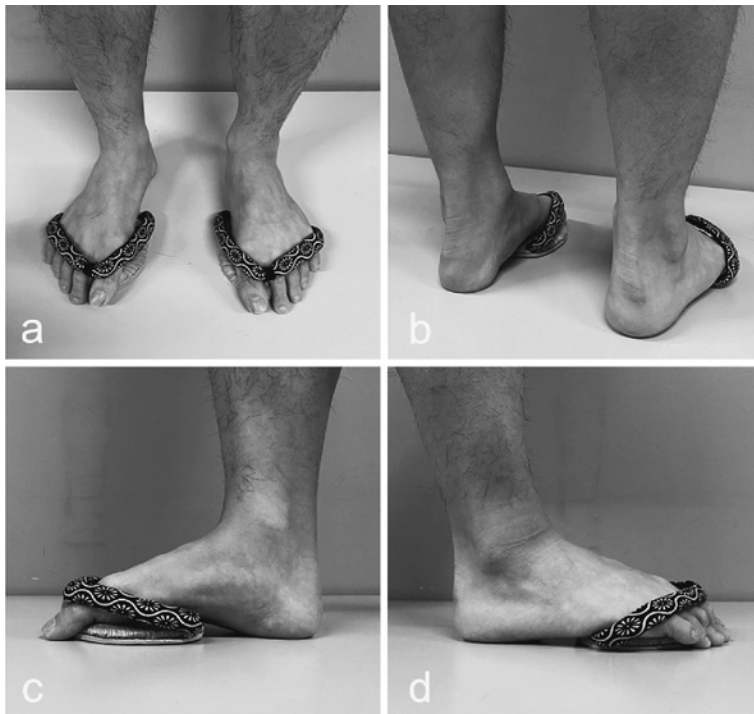


図3. 足半の正しい履き方  
(a: 上方/b: 後方/c: 母趾側/d: 小趾側)



図4. 足半着用時における歩行周期  
(1: 接地/2: 対称足離地/3: 立脚中期/4: 対称足接地/5: 離地)

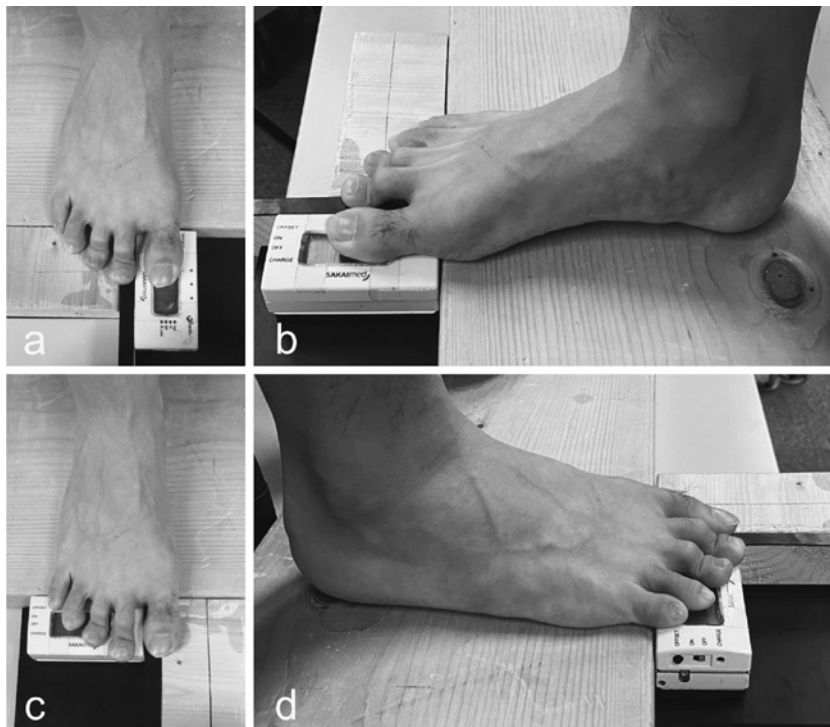


図5. 足趾屈曲筋力の測定  
(a: 母趾屈曲筋力測定の上方/b: 母趾屈曲筋力測定の側方/c: 第2～5足趾屈曲筋力測定の上方/d: 第2～5足趾屈曲筋力測定の側方)

### 3. 結 果

足半・スニーカー着用における歩行課題実施前後の足趾屈曲筋力結果を図6, 図7に示す. 母趾屈曲筋力の値は, 足半着用の歩行課題実施前後において有意に上昇した. 一方, スニーカー着用の歩行課題実施前後に値の変化は認められなかった. 第2～5趾屈曲筋力の値は, 足半着用の歩行課題実施前後において, 有意な変化は認められな

かった. スニーカー着用の歩行課題実施前後の値においても同様に有意な変化は認められなかった.

### 4. 考 察

足趾屈曲筋力測定の結果, 足半着用による歩行課題実施前後で母趾屈曲筋力のみ有意に上昇した. 第2～5趾屈曲筋力においても有意な変化ではなかったものの, 上昇傾向にあった. 一方, スニーカー着用による歩行課題実施前後で母趾, 及び第

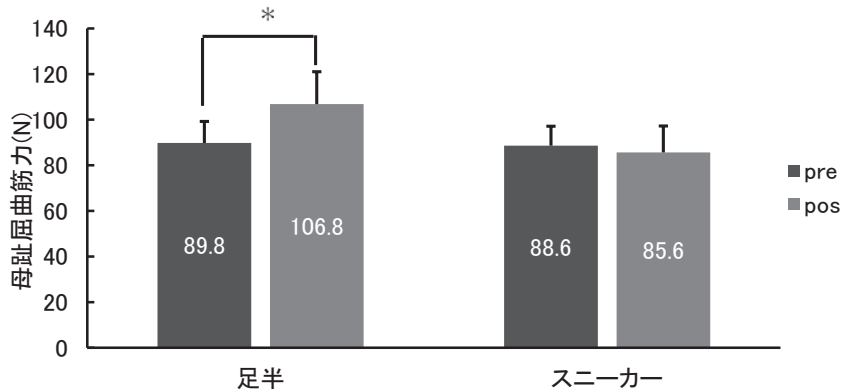


図6. 母趾屈曲筋力

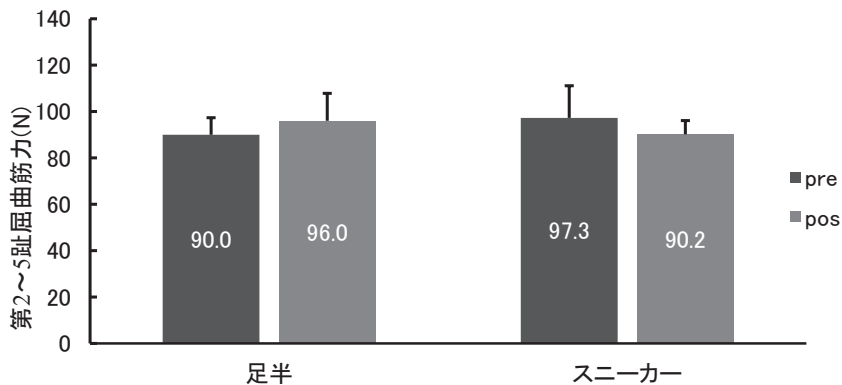


図7. 第2~5趾屈曲筋力

2~5趾屈曲筋力に有意な変化は見られなかった。このことから、足半着用による短時間の歩行動作が足趾屈曲筋力、特に母趾屈曲筋力を即時的に上昇させることが明らかになった。

本実験では、足半着用時の筋活動測定を実施していないため、足趾屈曲筋力上昇の要因を明確に断定することは困難であるが、足趾屈曲筋力測定において、HDDを鉛直方向に押し付ける動作では、各足趾の中足趾節関節の屈曲動作を確認することができた。そのため、基節骨に付着する母趾外転筋や母趾内転筋、短母趾屈筋、中節骨に付着する短趾屈筋といった足部内在筋の機能が優位に働いた可能性が考えられる。したがって、足半歩行においても、母趾内転筋や短母趾屈筋などの足部内在筋を活発に使用しながら歩行していたこと

が考えられる。実際、足半着用時の歩行動作では、遊脚期に足半が脱げ落ちないように、母趾と第2趾で鼻緒を挟み込むように把持する必要がある。先行研究では、下駄や草履を参考に足甲を固定する足趾トレーニングシューズによる歩行において、遊脚期に母趾外転筋の筋活動が活発となることを報告している<sup>8)</sup>。このことは、足趾で挟み込むように履物を把持するにあたり、母趾内転筋や短母趾屈筋などの拮抗筋として、母趾外転筋が作用することを示唆している。

また、足半歩行時の足部を観察すると、足趾が足半の先端に覆い被さるように屈曲していた。この足趾屈曲は、歩行中の立脚期において、足半を足部に固定し、効率よく力を伝えることを可能にしていると考えられる。そのため、推測の域には



留まるが、前述した鼻緒把持に加えて、足趾屈曲による足半把持が足半歩行において重要であることが考えられる。

以上のことから、足半歩行による即時的な足趾屈曲筋力増大の要因は、母趾と第2趾で挟み込む鼻緒把持と足趾を足半に覆いかぶせるように屈曲させて行う足半把持の影響が予測され、足半歩行によって足部外在筋だけでなく、足部内在筋が促進される可能性が示唆された。

## 5. 結 語

足半とスニーカーを着用した歩行課題実施前後における足趾屈曲筋力を測定した。足半歩行直後において、母趾屈曲筋力が有意に上昇した。足趾屈曲筋力の測定は、足趾の押し下げ動作であったため、足部の外在筋だけでなく内在筋の活発化も推測される。そのため、足半歩行が足部の外在筋・内在筋の両者の活動を促進する可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) Kusumoto A, Suzuki T, Kumakura C, et al. A comparative study of foot morphology between Filipino and Japanese women, with reference to the significance of a deformity like hallux valgus as a normal variation. *Ann Hum Biol* 1996; 23 (5) : 373-85.
- 2) Malisoux L, Theisen D. Can the "Appropriate" Footwear Prevent Injury in Leisure-Time Running? Evidence Versus Beliefs. *J Athl Train* 2020; 55 (12) : 1215-23.
- 3) ミューゼアムアチック. 所謂足半 (あしなか) に就いて [豫報二]. *民族学研究* 1936; 2 (1) : 115-245.
- 4) 足半草履の足半屋-あしなかや an'an カラダにいいもの大賞 2019. Accessed January 24, 2023. <https://www.asinaka.jp/>
- 5) ぎふ長良川の鶴飼. Accessed January 24, 2023. <https://www.ukai-gifucity.jp/ukai/>
- 6) 長谷和徳, 梶 大介, 松山幸弘. 草鞋を模擬した足部装具が身体運動に及ぼす影響の生体力学分析 (筋骨格モデルによる装着方法の比較). *人間工学* 2010; 46 (1) : 61-7.
- 7) 松永大吾, 望月正孝, 尾崎猛智, 他. 高質量のビーチサンダルでの歩行が足趾間の把持筋力と重心動揺性に与える影響. *JOSKAS* 2021; 46 (3) : 713-7.
- 8) 長谷川正哉, 大塚 彰, 金井秀作, 他. 足趾トレーニングシューズ試作のための基礎研究. *日本義肢装具学会誌* 2007; 23 (1) : 71-4.

特別講演

## 日本における靴と医学の関わりの歴史

# The history of the relationship between shoes and medicine in Japan

元 日本靴医学会理事長

Former President of the Japanese Society for Medical Study of Footwear

井口 傑

Suguru Inokuchi

**Key words** : 靴 (shoes), 医学 (medicine), 歴史 (history), 二足歩行 (bipedal walk), 日本 (Japan)

### 日本における靴と医学の関わりの歴史

早稲田会長から、「日本の靴の歴史」の講演を依頼された。しかし、流石に日本の靴全体の歴史を語る自信は無く、「靴に関わる医学の話」でお許し願うことにした。靴の歴史自体については、国内外に多くの専門家、愛好家の興味ある文献が多数あるので、そちらでお楽しみ下さい。

#### 文明開化と靴

古来、日本では足先全体を覆う履き物をくつ「沓」と称してきた。従って、現在、我々が「靴」と呼んでいる履き物は「靴の沓 (かのくつ)」と言って、皮革を用いて足先全体を覆う様に作った履き物だった。しかし、明治以降、西洋から入って来た革製の履き物を指すようになり、現在では履き物の総称として使われるようになっている。

従って日本における靴の歴史は、幕末から明治維新における西洋文明の導入に始まると言える(図1)。帯刀した坂本龍馬が、羽織袴で靴を履い

(2022/12/20 受付)

連絡先 : 井口 傑 〒113-0021 東京都文京区本駒込  
6-6-7 元 日本靴医学会理事長  
TEL & FAX : 03-3945-3188  
E-mail : inokuchi@gol.com

た写真は有名だが、実用と言うより、文明開化の象徴、ファッションとして履いたのであろう。この様に靴は初めから、実用と外見の二面性を持っていた。

近代日本の製靴産業を中心とする皮革産業の創設者は、弾直樹(第13代、弾左衛門)と言える(図2)。弾は明治3年、東京都北区滝野川にあった反射炉の跡地に、製革と製靴の伝習所と御用製造所を設立し、明治4年には、アメリカの皮革技師、チャールス・ヘニンガーを招聘して、洋式皮革・軍靴の製造を開始した(図3)。一度は兵部省から軍靴12万足を10カ年に渡って受注するまでになったが、明治政府の「斃牛馬勝手処置令」により独占権を失い、明治7年に皮革会社は倒産した。しかし、皮革産業の独占権がなくなると、多くの起業家が次々と参入し、富国強兵の一翼を担う軍需産業として大きく発展した。20世紀に入ると、洋服の普及に伴う靴の民需拡大により、陸軍被服廠に始まった靴作りの機械化は、民間企業にも波及し、更に多くの民間企業が製靴産業に参入し、拡大発展した。

靴と医学の関わりの始まり 森鷗外と森林太郎

軍医総監でもあった有名な小説家、森鷗外は、



図 1. 靴の沓



図 3. 製革製靴伝習所と御用製造所



図 2. 坂本龍馬



図 4. 小説家森鷗外・軍医総監森林太郎

若き陸軍軍医、森林太郎としてドイツに留学した。その経験を基に「舞姫」などの有名な文学作品を遺ただけでなく、当時のドイツ医学から「衛生学」「細菌学」や当時は外科の一部門であった「整形外科」も学んだ。中でも整形外科の患者の3分の1が足の患者であり、又、その多くが靴による障害であることに驚きを覚えた。帰国後、日本においても、陸軍兵士の間に靴による足の障害があまりに多いことを嘆き、「軍の近代化には軍靴が必要不可欠としても、靴による弊害や、足の故障は無視しえない。平時においては、下駄・草履が日本人にとって合理的な履物である」とまで言い

切っている。

脚気論争では、海軍の高木軍医に後れを取った森鷗外であったが(図4)、軍靴の作成については、「足と靴」と題した小冊子を陸軍各部に配布し、「靴職人は足の構造や機能を知らず、木型に合わせた靴づくりに囚われている」と戒め、足の様々な故障と靴との関係の啓蒙に努めていた。徴兵検査における扁平足など、鷗外の功績は功罪半ばするが、靴と医学を結び付けた草分けでもある。



図5. 初代事務局長 石塚忠雄

#### 戦後の靴と医学 日本靴医学会の始まり

戦後は、パーマとハイヒールに代表される女性の洋装化が進み、戦前は見られなかった外反母趾やモルトン病など、靴による足部疾患が増加した。また、医学の進歩により、足部変形や疾患、外傷に対して、積極的に手術が行われるようになり、一定の成果を上げるようになった。しかし、誰もが日常的に靴を履いて生活する社会では、折角、手術で歩行機能が改善しても、術後に履ける靴がないばかりに、社会復帰できない症例も増加した。

そんな中で、長年、日本靴医学会の事務局長を務めた石塚は、米国留学中の見聞から、日本でも靴の医学的研究の必要性を痛感した(図5, 図6)。そこで、靴に興味を持つ整形外科医の有志を集め、昭和61年3月の第59回日本整形外科学会の開催中に、「整形外科的観点からみた靴」と題して第1回懇親会を開いた。そして同年5月には「靴の学会の世話人会」が発足し、翌6月に第1回の講演会、翌年1月には第2回の講演会が開催された。

会の名称は「日本靴医学研究会」と決まり、理事長に鈴木良平、理事に石塚忠雄、荻原一輝、加倉井周一、桜井実、中嶋寛之が選出された。昭和



図6. 初代理事長 鈴木良平

62年10月には、鈴木良平(長崎大学整形外科教授)を会長として、第1回の日本靴医学研究会が東京の虎ノ門発明会館で開催された。平成元年の第3回靴医学研究会で、名称が「日本靴医学会」へ改称され、現在の第36回にまで続いている。

#### 足と後脚

靴の歴史は、人類の直立二足歩行を知らずしては語れない。

地球上の生物は、約60億年前に海中で生まれたと言われている。その後ずっと海中で生活をし、浮力による疑似的な無重力状態の中で、体を支えることなく過ごしてきた。ところが植物に続いて、約3億年前に動物が陸上に上がる様になると、重力に抗して体を支え移動する必要が生じた。最初は、大山椒魚のように腹を地面につけて体重を支え、脚で体を引きずるように移動した。その内に、トカゲのように、四つ脚を踏ん張って重力に逆らい体を持ち上げて、体をくねらせ素早く移動するようになった。更に進化を続け、ほ乳類のように、四つ脚だけで体を持ち上げ、脚を前後に動かし、素早く移動するようになった。

こうして、地上に上がった動物は、草原を疾走するもの、空を飛ぶものと生息圏を広げていった。中には我々の遠い祖先のように、天敵から身を護

るため、美味しい木の実を食べるために木に登り、樹上生活を営むものも出現した。そして、木に登り枝にぶら下りながら移動し樹上で生活するために、手で枝を把持し、体幹を垂直にする能力を身に付けた。

ところが、数百万年前、アフリカで地殻変動が起き、ビクトリア湖からエチオピアにかけ大地溝地帯が生まれ、その東側では乾燥化が進み、森林が草原になり、我々の祖先は樹上生活が出来なくなり、地上での生活を強いられるようになった。なぜその時に、以前のように四脚で体を支え移動する生活に戻らなかったのか定かではないが、少なくとも我々の祖先は、前脚での把持と体幹の直立の能力を維持したまま、後脚で体を支え移動する地上の生活を始めた。

常に体幹を直立させ、後脚だけで体を支え移動する、常時直立二足歩行がここに始まり、我々人類が生まれたのである。なぜ人類が直立二足歩行を始めたのかには多くの説がある。しかし、私は、何故かは兎も角、猿が直立二足歩行したが故に、人類が生まれたと考えている。

直立二足歩行は、種々の変化を我々にもたらし、中でも重要なのは、

1. 直立し、後脚だけで歩くことで、解放された前脚を、手として使う
2. 直立し、喉頭が下降し、声門から口唇までが長くなり、声の音域が広がる
3. 直立し、頭部を頸椎の上に載せることで、重い脳を支えられる  
の3点である。

手を得たことで、人間は道具と火を使うようになり、棍棒と焚火から始まり、製鉄や蒸気機関を経て、コンピュータから原子力発電にまで技術は発達してきた。刀から鉄砲、ミサイルから原爆まで、かえって人類を滅亡させる恐れさえ生じたが、良くも悪くも我々の文明は直立二足歩行で手を得たことに始まった、と言っても過言ではない。

声の音域が広がったことにより、より多様な意味を声で表すことができる様になり、言葉が発達

した。言葉は空間を隔てて知識を相手に伝えることができる。

一方、手を得て、絵や印をかけるようになり、これが言葉と結びつくようになって、文字ができた。文字は手紙や書籍として、空間、時間を隔てて、知識を伝え、共有することができる。

また、大きく重い脳を支えることは、新たに得た手と不安定な直立二足歩行を制御し、伝えられ蓄積された知識を処理し活用するために必須な、脳の発達を可能にした。

こうして、万物の霊長として、科学や文明の恩恵を享受している我々は、直立二足歩行によって始まったと言える。

### 楽あれば苦あり

それでは、直立二足歩行は我々に恩恵ばかりもたらしたのであろうか？そんな、うまいばかりの話はない。第一に、四脚で支えていた体重を二脚で支えるのだから、単純に2倍の負荷がかかるので、足の裏が痛むようになった。そればかりでなく、2点での支持は3点、4点支持に比べて不安定で、バランスをとるためにも余計に筋力を使うので、立っているだけで疲れてしまう。次に、直立すると心臓の位置が高くなり、下半身からの血液の環流が悪くなり、痔や静脈瘤の原因となった。頭はもっと高くなるので、脳へ血を送るために、より高い血圧が必要になり、高血圧や動脈硬化の一因になっている。その上、背骨を支えるために常に筋肉を緊張させるので、肩凝りや腰痛を起こし、腹部臓器は下垂して胃下垂となり、直立した子宮で胎児を維持するために産道が狭まり難産になった。その他、上肢をぶら下げるので五十肩となり、道具で手首を酷使してテニス肘となるなど、多くの不利益も甘受せざるを得ないでいる。

また、直立二足歩行から始まった文明の発達は、潤沢な食料と衛生的な生活環境を生み出し、外敵や災害から人類を護り、寿命を数倍に延ばした。誠に喜ばしい変化だが、寿命が延びたからと言って老化が遅くなった訳ではない。かえって寿命が

伸びた分だけ、長い間老化が進んだ肉体で、生きなければならなくなった。特に、足は体の中でも急に負担の増した部位であり、心臓や脳から最も離れているので、神経や血管が老化の影響を受けやすい部位でもあるので、循環器疾患や代謝性疾患だけでなく、老化その物が起こりやすく、その症状も顕れやすい。

### 靴の出現

こうして、人類は数百万年かけて四脚移動から直立二足歩行に適合するよう進化してきた。ところが、この数千年の急速な文明の発展による、都市での生活環境の変化は、それまでの進化の適応能力では対応できない所まで進み、足を外界から護るための道具、靴が発明された。その靴は、始めは高価な特権階級の贅沢品だったが、産業革命による大量生産、機械化によって、価格が下がり一般庶民にも手が届くようになり、需要が供給を、供給が需要を呼ぶ好循環により、急速に靴が普及していった。その結果、人々はいつも靴を履いて生活するようになり、更に子供も靴を履いて成長するようになった。そうして、誰もが靴を履いて成長し生活する社会となり、都市において裸足で生活する習慣はすたれ、靴を履かずに生活することは不可能となった。靴は必需品となり、裸足で歩くことよりも、靴を履いて歩くほうが必須となった。

こうして、文明は車輪を発明し、馬車から自動車へと移動を容易で楽にする一方、数百万年に渡って人類が適応してきた地面の状況を人為的に一変させ、裸足での歩行を苦しく困難にした。そればかりでなく、靴の発明は足の保護という甘い果実で、成長により自然環境の中で裸足歩行するという能力を獲得する機会を奪っていった。

### 足の進化と成長 適応への道

人間は、数百万年かけて、自然の大地を二足歩行するように、ゆっくり進化してきた。にもかかわらず、文明の発展と共に靴を履き始めてから数

千年、産業革命によって靴が普及してからわずか数百年しか経たない内に、誰もが靴を履くようになった。裸足の数百万年、靴を履いての数百年の時間の差を比べてみれば、人間が靴を履いた歩行に適応するまで進化したはずはない。

個の成長は、種の進化を繰り返すと言われているが、人間は生まれて1年程で二足歩行ができるようになるまで成長する。これは、受精から生後1年のわずか2年間に、動物が地上に上がってから直立二足歩行するまでの数億年の進化の歴史を繰り返すことになる。しかし、それ以降、数千年から数百年の靴への適応は、まだ進化で得られた種の能力として遺伝子に組み込まれ、次世代に受け継がれることはない。従って、すべての子供は毎回、裸足歩行をはじめから、靴を履いての歩行に適応する能力を、成長によって習得しなければならない。子供は、特段の障害がない限り、ほっておいても裸足歩行はできるが、靴を履いての歩行に適応するのは、習得する機会がなければ難しい。

### 足を護る靴、弱らせる靴

靴は、急激な環境の変化についていけなくなった足を護るために発明された。靴によって外界からのストレスから護られた足は、変化した環境の中でも傷つけられず、快適に歩行できるようになった。しかし、外界からのストレスにさらされる機会が減ることは、適応能力や耐久性は向上させる機会を失うことにもなる。足は靴に護られながら成長した結果として、靴を必要とする弱い足にしかならない。同様なことは、靴だけでなく、自動車などの交通機関や、文明社会の衣食住など全てを通じて言える。保護と鍛錬は、トレードオフだということを忘れてはならない。

### 長寿社会と老化する足

文明が発達するまでは、人間は進化によって、環境に即した能力を獲得し、適応して生存してきた。ところが、その後の急激な環境の変化に対応

するため、靴をはじめとした種々の技術を必要とするようになった。そればかりでなく、文明により死ぬ機会が減って長寿化し老化した肉体で、より長い人生を生きていく必要が生まれた。皮肉な言い方をすれば、文明の発達により豊かで快適になった社会を、靴に合わせた痛い足を引きずって生きていくことになった。

### 現代社会における足と靴と医学

足を介して、靴と医学の関係を考え直してみよう。

我々は長年にわたって、ファッション性の高い婦人靴の害についてアピールし、かかとの低い紐靴を勧めてきた。特に外反母趾とハイヒールの因果関係は、広く認められる所で、長年にわたってハイヒールを履かないように宣伝してきた。最近、電車の中で前に座った人の足元を観察すると、ハイヒールを見る機会が随分減ってきた。今までの努力の成果がやっと実ったのかと嬉しく思う反面、単にスカートからパンタロンに、革靴からスニーカーに流行が変わっただけなのかとも考える。満員電車の中でハイヒールのかかたで足を踏まれて飛び上がったこともあるが、喫煙と異なり、

原則、他人にまで害を及ぼす物ではない。しかし、治療より予防の方が大切だから、これからも社会に対してハイヒールなど足を傷つける靴の排斥をアピールし続ける必要がある。

### まとめ

直立二足歩行は、人間の根幹に関わる重要な資質であり、前述した如く、手、声、脳の発達に大きく貢献し、現在の人類の繁栄の礎となった。しかし一方では、四脚の仕事を二足で行う過重な負荷、直立したが為の脊柱や内臓への負担、文明を発達させたが故の歩行環境の変化による足へのストレスの増加、足への集中した長寿化の代償としての老化など、三重苦、四重苦を抱えることにもなった。また、必要悪とも言える幼少期からの靴による保護は、成長による環境への適応という機会を奪うことにもなった。その結果、現代社会においては、靴を履かない生活を想像することはできない。従って、今後も靴の利益を最大限に、そして靴の害を最小限に留め、人間が人間である所以とも言える直立二足歩行を1日でも長く続けられるよう、我々靴の医学に携わる者として、日夜努力と工夫を重ねていかねばならない。

コラム

## 足趾に変形が起こるメカニズムの考察

### 踏み返し（背屈）を引き起こす物理的問題

Consideration of the mechanism of deformity of the toes.

Recommendations to the medical community that does not consider stepping back (dorsiflexion) to be a problem.

川越の小さな靴屋 ナチュリーラ

“Naturela” A small shoe store in Kawagoe Japan

千崎 英隆

Hidetaka Senzaki

**Key words** : 踵着地 (heel strike), 足趾の背屈 (dorsal flexion of the toes), 両足同時接地 (simultaneous grounding of both feet), 重力 (gravity)

#### 要 旨

靴痛ともいべき歩行痛及び足趾の変形は、軽度のものも含めると全ての人に出現しているといっても過言ではない。どんなに足の骨格の研究が進み、靴が改良され進化したように見えても、靴痛解決への道のりは遠いまだ。ならば原因は足そのものにあるのではなく、歩き方にあるのではないかという仮説をもとに、歩き方に潜む矛盾を物理的視点で指摘したものを昨年の学術集会に発表した。今回はそれをもとに後足足趾で踏み返し歩幅の大きい西洋式歩行の歩行実験を行なった。結果、西洋式歩行の2つの矛盾が明確となり、それが足の痛みや変形の原因となる可能性を見出した。

#### 目 的

人類は科学技術の発展により繁栄してきたはずだ。一方でその科学技術が人類や他の生物に対し、開発に携わってきた研究者さえも予想できなかった負の影響を及ぼすことがある。靴による足の変形や痛みもその一つではないだろうか。私たちがご先祖様は靴と出会うまで、何不自由なく歩いていたものと思う。しかし、成人病は生活習慣病になり、足の問題も同様に変化のスピードが加速してしまった。つまり靴の進化とともにタコ、マメ、ウオノメ、外反母趾など靴歩行による負の連鎖が蔓延し、人類総靴痛時代が到来したのだ。

靴を履いて歩くことで、どのように足が傷み変形するのかという靴痛問題の原因究明は、まだ道半ばである。性差や遺伝などの要素と、靴の適合性という各個人レベルの問題として対応しようとする、あまりにも複雑化してしまい、解決への道のりは遙か遠くなってしまったのだ。そこで視点を換え、現代の歩行システムそのものに焦点を絞

(2021/12/28 受付)

連絡先 : 千崎 英隆 〒350-0042 埼玉県川越市中原町  
1-5-1 1F ナチュリーラ  
TEL FAX : 049-228-4949  
E-mail : senzaki.og@gmail.com



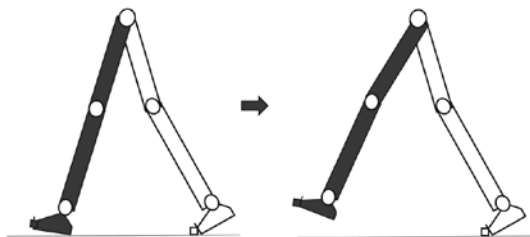


図 1. 実験 1

足幅前後 50cm で静止した状態から、後足をどけて、前足だけで立つ

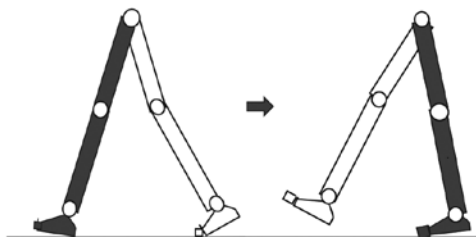


図 2. 実験 2

足幅前後 50cm で静止した状態から、前足を持ち上げ、後足だけで立つ

り、物理的観点から考え直してみることにした。地球の重力がかかった力学の地で、ランチョスマミーゴ式歩行（以下西洋式歩行）は、理に合っているのか。むしろそれが原因で問題が引き起こされているのなら、理に合っていないのではなかろうか。これを仮説として歩行実験を行なった。性差や遺伝といった変更不可能な要素は考慮せず、物理的な視点から歩行を分析することで、どのように足は傷み変形するのかを明らかにし、改善の可能性を提示する。

### 対象と方法

足に痛みがあり外反母趾を抱えている 60 歳代から 80 歳代の女性 20 名（平均年齢 71.2 歳 ± 13.8）を対象に実験を実施。方法は以下の通り。歩行動作の前足が踵接地する瞬間（踏み返し前）を再現するため、実験対象年齢の平均的な歩幅である前後 50cm の足幅で静止した状態から開始。静止時の重心は後ろ足踏み返し前には後ろ足側に寄った状態となっている。ここから図 1、(1)「前足」図 2、(2)「後ろ足」それぞれの片足立ちと図 3、(3)「前進動作」をしてもらいそれを観察した。実験は 3 回ずつ実施。

### 結 果

結果 1 全員できなかった

感想 絶対無理、できっこない

結果 2 全員できた

感想 余裕で立てる 楽です

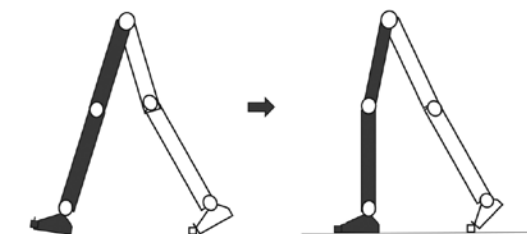


図 3. 実験 3

足幅前後 50cm で静止した状態から、自由に力を使って前進する動作を行い前足だけで立つ

結果 3 全員できた

感想 余裕でできる 何の問題もなくできる

### ★観察所見

後足の踏み返し（背屈）なしでは前進できない。後傾した前足は、後足にもたれているに過ぎないことに気づいた。つまり、①から②に前進するには、後足の踏み返しなしでは不可能に見える。前足を前方に投げ出すと、投げ出し幅（歩幅）が広がるほど、前足への荷重は難しくなるようだ。

### 考 察

なぜ投げ出し幅が広がると前足への荷重が難しくなるのか。そこにどのような力が働いているのかを確かめるために、エネルギーについての考察を行なってみた。歩く時には「外的」エネルギーを利用しており、重心の移動は位置エネルギーと運動エネルギーが関わっている。位置エネルギーと運動エネルギーの和を力学的エネルギーという。

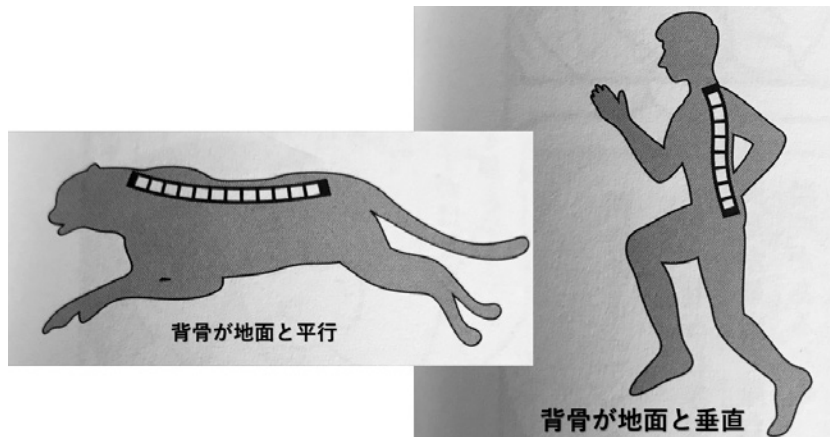


図4. 四つ足動物とヒトの走行の違い

### 1) 位置エネルギー

高い所にある物体は、その場所にあることでエネルギーを持っている。これを位置エネルギーという。物体は落下することで仕事をするができる。

### 2) 運動エネルギー

運動している物体が持っているエネルギー。物体は運動することで仕事をするができる。

### 3) 力学的エネルギー

ボールの落下運動においては、ボールが落ちていくにつれて位置エネルギーは減少し、落下による加速とともに運動エネルギーは増加する。位置エネルギーと運動エネルギーの和を力学的エネルギーといい、保存力の場では一定である。

ここから現代歩行のエネルギー効率についてまとめる。

図4、人間は、進行方向に向かって垂直に柱（背骨）が伸びているため、後方へのキック（後足での踏み返し）で推進力を生み出すには運動効率が悪い。推進するために前足の膝が伸び、腰の重心線より前方に前足が出て踵から着地すると、力学的エネルギーが大きくなり非効率となる。これが広い歩幅の時に前足に荷重するのが難しく見える理由と考えられる。人間は前進するとき進行方向に向かって上半身を前傾し先行させて重心移動

を行なったほうがエネルギー効率が良い。腰の真下（鉛直方向）を足の着地点とすることが力学的エネルギーが小さく最も高効率である。

逆立ちに置き換えて考えると分かりやすい。図6のように逆立ち歩きのコツは、手を先に動かさないことである。逆立ちで進む時、下半身（上部）が先に進行方向に揺らぐことで重心移動が始まる。不安定になった上部が先行することで推進する。土台である手は受動に徹し、手のひらで体重を支え続けるように進む。しかし、静止した状態から手を足（上部）よりも先行させた場合は前進しない。両手のひらに乗っている重心が片方でもなくなるとバランスを崩して倒れてしまう。これは筋力不足や運動神経などの各個人の問題ではなく、一般的な物理的的道理である。したがって土台である足から動き始めるというのはバランスを保てず、脚が後傾するほど前に投げ出し踵から着地する歩行は、物理的に理に適っているとは言い難い。

以上の考察より、西洋式歩行の物理的問題を2つ明示する。

**物理的問題1 もたれている前足には立てない**  
結果1で明らかになったことをまとめる。図5、出過ぎた前足①の状態では、前足の位置エネルギー

### 踏み返し(背屈)なしでは前進できない

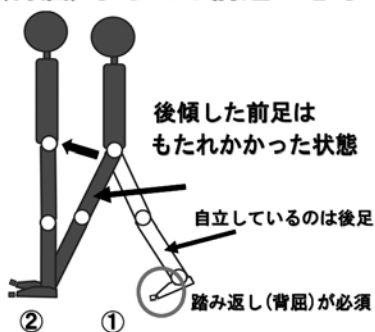


図5. 出過ぎた前足

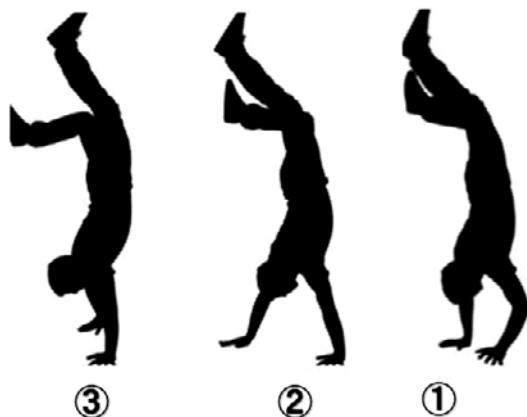


図6. 足が手よりも先行する逆立ち歩きの様子



図7. 春子さん 87歳の足

ギーは「0」になる。後足に体重の大半が懸かっており、支えている後足を退けると倒れる。膝が伸び、前足の踵が腰より前に出て接地しているとき、前足は後傾した状態となっている。つまり、膝が踵よりも前方になり、脛が前傾し上半身が前足上にないかぎり重心は前足より後方になる。よって、前足で立つことができない。

#### 物理的問題2 歩幅が広いほど、強い踏み返しが必要になる

膝伸展大腿歩行とも言い換えられる西洋式歩行では、前進するために手の力の3倍といわれる足の力で、非効率な後足の踏み返し動作を行なっている。①から②へと前進するには、歩幅の広さに比例して大きくなる運動エネルギーを毎歩発動させる必要がある。

#### 補足～足趾背屈の弊害

以下の図7は87歳の春子さんの足である。

痛みはないが外反母趾である。1日1万歩を80年間続けてきたとすると、推定約3億回背屈してきたことになる。足趾の本来の主動作「握る」を力いっぱいやっても、足趾はほとんど曲がらない。握力が弱いのである。これが日常的に背屈させ続けた結果だ。

図8、87歳の春子さんの手指の画像である。手指は反らす動作はほとんどできず、「握る」「曲げる」が主動作となっている。握ることはできるが、背屈はほとんどできない。

毎日の習慣の積み重ねは、手指と足趾の可動域をここまで変化させる。

アーチェリー選手としてパラリンピックに出場したマット・スタッツマン選手は生まれつき両腕



図8. 春子さん 87 歳の手

がない。出来る限り自分のことは自分でやろうと生きてきた彼の足趾は、手指のような動作が出来る。息子のオムツ替えをはじめ、できないことはほとんど無いという。訓練すれば足趾は手と同じ動作が可能だということを実証している。手の指と同じはずの足趾を、前進の動力とするために背屈させてしまうと、いくら鍛えてもやがて歪み、壊れてゆく。そのような症状に至るのはそれが元来無理な動作だからだと言えないだろうか。

靴の中で足趾が押されて変形し、外反母趾になるとする説もあるが、それでは裸足の生活でも外反母趾が発生することの説明がつかない。もしそうなら、母趾などの爪や足趾の先端がもっと変形や変色や痛みを生むはずではないだろうか。わたしの出会った外反母趾のみなさんの中で、そういう方を1度も見たことがない。

現在では「カラダ」という漢字に、「身体」や「体」を使っているが、戦前は「體」と書いた。現代は筋肉に目が行き過ぎの感があるが、「體」を支

えているのは、骨である。

背屈した足趾は、脆く、つぶれやすい。

### 結 語

前足踵着地での歩行では、下肢が直立していないため、前足の上に重心がないため後足にもたれている。ゆえに着地の瞬間に前足に立つことはできない。ゆえにもたれた前足を立たせるために、後足の足ゆび（趾）の踏み返し（足趾の背屈）が毎歩発生している。この踏み返しによる足趾の背屈過多が、足を歪める原因だと考察される。

### 文 献

- 1) Jacquelin Perry. ベリー歩行分析原著第2版正常歩行と異常歩行. 第2版. 武田 功, 弓岡光徳訳. 東京: 医歯薬出版; 2012. 4-16.
- 2) 宮本武蔵原著. 五輪書. 大河内昭爾訳. 小飼一彦編. 東京: ニュートンプレス; 2002. 67.
- 3) 高野進. 高野進のスポーツ科学講座かけっこの科学. 学研教育出版; 2010. 136-43.

コラム

# 3D プリンターにて作製した足底挿板により治癒した 足底難治性潰瘍の 1 例

## A case of intractable plantar ulcer healed by insoles produced by 3D printer

<sup>1)</sup>東名ブレース株式会社

<sup>2)</sup>国際医療福祉大学塩谷病院整形外科

<sup>1)</sup>Tomeibrace. Co., Ltd

<sup>2)</sup>Department of Orthopedic Surgery, International University of Health and Welfare Shioya Hospital

小野 嘉昭<sup>1)</sup>, 吉田 晃朗<sup>1)</sup>, 奥村 庄次<sup>1)</sup>, 須田 康文<sup>2)</sup>

Yoshiaki Ono<sup>1)</sup>, Akio Yoshida<sup>1)</sup>, Syoji Okumura<sup>1)</sup>, Yasunori Suda<sup>2)</sup>

**Key words** : 3D プリンター (3D printer), インソール (insole), 足底難治性潰瘍 (intractable plantar ulcer)

### 要 旨

近年、体幹装具やインソール製作にデジタル機器を用いる機会が散見される。

今回、左下腿コンパートメント症候群術後に遺残した内反尖足に生じた足底難治性潰瘍に対して、3Dimensions printer を用いて製作したインソールを装用することにより潰瘍が治癒した 1 例を経験した。本インソールは、ラティス（格子）構造により硬さを自由に変えられ、通気性が良く洗えるという利点がある一方、製作後の微調整が困難という課題がある。

今後は微調整を可能としつつ、除圧部位の硬度や局在を客観的に評価し、製造過程に組込めるシ

ステムを構築するなど、より理想的なインソール製作に向けて取組んで行きたい。

### 緒 言

近年、義肢装具業界ではデジタル化が進み、体幹装具やインソール製作に際して Computer Aided Design（以下 CAD）/Computer Aided Manufacturing（以下 CAM）や 3Dimensions printer（以下 3D プリンター）を使用する機会が散見される<sup>1)</sup>。

今回、左下腿コンパートメント症候群術後に遺残した内反尖足に生じた足底難治性潰瘍に対して、3D プリンターを用いて製作したインソールにより潰瘍が治癒した 1 例を経験したので、そのインソールの作製方法と特徴を従来型インソールと比較して報告する。

### 対象と方法

症例は 50 代女性。既往歴：2 型糖尿病。左下腿コンパートメント症候群による高度内反尖足（内

(2022/12/22 受付)

連絡先：小野 嘉昭 〒259-1147 神奈川県伊勢原市白根字初川 472 番 5 東名ブレース株式会社関東支店  
TEL：0463-92-5578（代表）  
FAX：0463-92-5582  
E-mail：ono@tomeibrace.co.jp

反30度、足関節底屈70度)に対して16年前に足関節後方解離、アキレス腱延長術が施行された。術後、内反尖足(内反15度・足関節底屈15度)が遺残したため装具療法を行った。

装具はダブルクレンザック継手を有するSLBで、プラスチック足部にはインソールを内蔵した。その後、左第5中足骨頭下に潰瘍が生じたためパットの追加や骨頭下を凹にする除圧、ベルトによる内反矯正を度々行ったが、潰瘍は消退と再発を繰り返していた。

16年前の装具療法開始当初より調整や修理、経

表1. インソール製作方法

	従来型	CAD/CAM Elabo101 (3DPrinter)
採型方法	ギブス採型/インプレッションフォーム	インプレッションフォーム
モデルおこし	石膏泥にて復元	スキャナーにてスキャン
モデル修正	経験値や目安による手作業	PC内での修正 (数値による修正)
造形	手作業	光造形
作業時間 (両側製作)	約2時間30分	約1時間30分 (乾燥時間含まず)

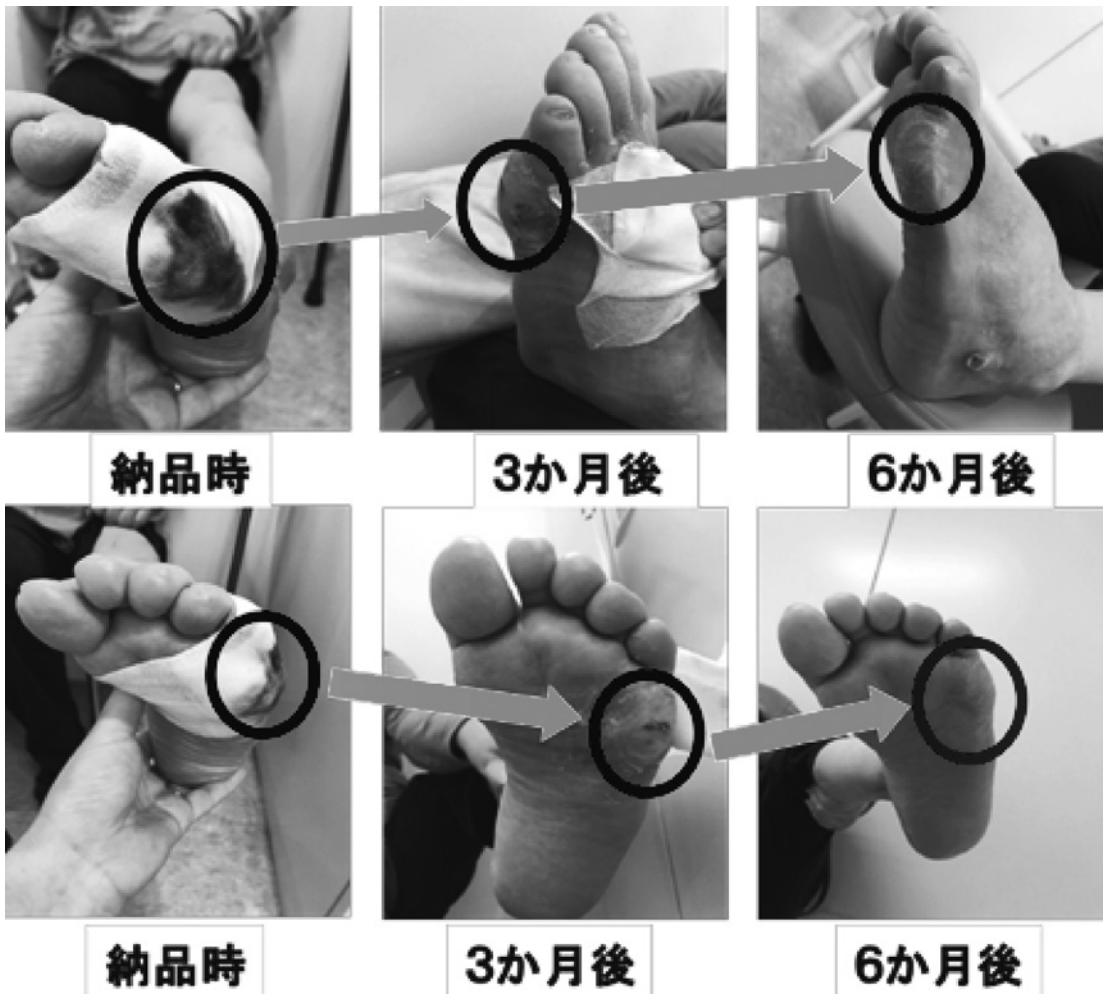


図1. 難治性潰瘍の経過  
浸出液が治まり乾燥して潰瘍が小さくなる様子がわかる

年劣化による新調, さらに新調した装具の調整や修理を行い本人の状態を使い分けていた. そのような状況下での対応が続いていたが, 約1年前に左足蜂窩織炎を発症し, 第5中足骨頭底側に浸出液をとまなう潰瘍が再発した. 抗生剤による治療が開始され, 装具も継続したが, 潰瘍は改善せず, さらに浸出液によるインソールの汚染が目立ち, 患者自身からも再製作の希望があったことから, 洗浄可能な3Dプリンターを用いたインソールを新たに作製することとなった.

この装具の基本的な製作手順は, 1) インプレッションフォームにて採型したモデル<sup>2)</sup>をスキャナーでスキャンし Personal Computer (以下 PC) 内に取り込む, 2) モデル修正を PC 内で行う, 3) 使用する3Dプリンターにより造形作業を行う, 4) 造形されたものを仕上げる, の4つの過程となる. (表1)

## 結 果

本インソール使用後6か月で足底潰瘍は治癒した. (図1) 治療後11か月の現在, 潰瘍の再発は認めていない. 患者もインソールを洗浄することで患部を清潔に保つことができるため, 汚染の心配がなくなり不安が1つ解消されたと満足している.

## 考 察

従来型インソールは製作時間が長く, 作業全般において習熟を要するため, 再現性や製品の均一化が難しい. 更に採型時にギプス包帯を使用した場合は, 石膏などのゴミの問題も起きてしまう.

また従来型インソールでは除圧をする際に除圧部を凹にしたり, クッション性の良い材料に交換したりして対応をすることが多く, 凹にした部位のへりやクッションの劣化による底つきなどで加圧され, 除圧が不十分になることにより足底潰瘍が再発する例も見受けられる. さらに浸出液や血液などが付着した際にも, 拭きとることしかできないため撥水性のよい表面材への交換や, 場合に

表2. 従来型との比較

	従 来 型	CAD/CAM Elabol01 (3DPrinter)
製作時間	長い	短い
再現性	× (経験値)	○ (数値化)
製作後の調整	○	×
遠隔対応	× (経験値)	○
清潔さ	▲ (拭き洗い)	○
製品の均一化	×	○ (洗える)
特徴	経験値を 反映し易い	任意の場所で硬さを 自由に変えられる
改善点	製品の均一化 石膏などの ゴミ問題	経験値の反映 従来型と比べて 高価

よっては再製作をするなど費用面でも負担がかかっている.

これに対してデジタルによるインソールは製作時間が短く, 作業が数値化(データ化)されているため遠隔対応や再現性, 製品の均一化が容易である. しかし習熟度を反映させにくく従来型と比べて高価であり, ランニングコストがかかるなどの課題があるため, 一般に普及するには至っていない. (表2)

本インソールの製作に当たっては, まず1/2荷重でインプレッションフォームを用いて採型した. 次にモデルをスキャナーでスキャンした後, PCでその修正を行った. 最後にCarbon社製L1Printer(光造形)を使用してインソールを製作した.

また本インソールは, EPU41(Elastomeric Polyurethane41)というラティス(格子)構造を持ったウレタン単一材料を使用していることから, 任意の部位で硬さを自由に変えられ, 使用による潰れが少なく, 通気性があり, 洗うことも可能である. (図2)このような利点からの確な範囲の除圧が可能であり, 接触面も清潔に保つことができる. (図3)

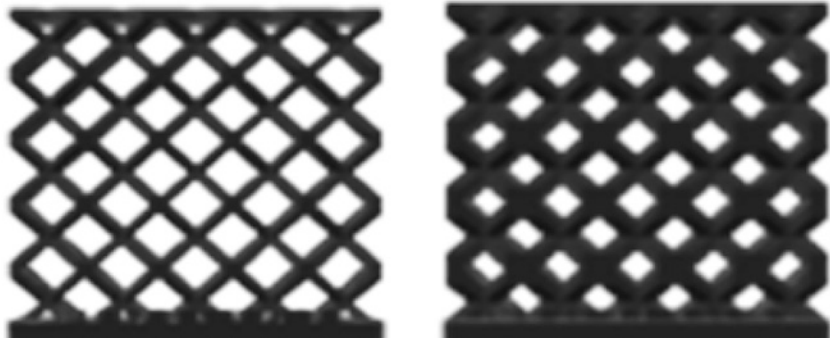


図2. ラティス（格子）構造  
格子状のため通気性があり，格子の太さを変えることで硬度を自由に変えられる

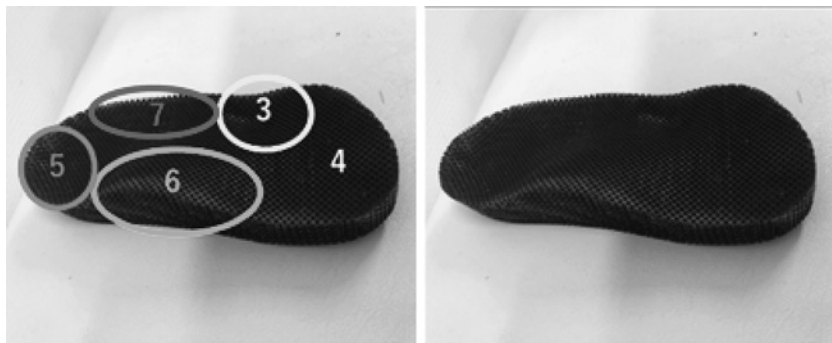


図3. 除圧したい部分は柔らかく，支持したい部分は硬いインソールとなっている  
外見上は分からないが3～7の範囲は硬度が異なる

益原らは，足底装具（インソール）とは他の装具と比較してより機能に直結する材料特性に依存した装具であると述べている<sup>3)</sup>。このことから，より装具に即した機能的な材料の選択が必要となる。

本症例では，これら①表面形状の連続性保持，②材料の耐久性が高い（材料の永久歪の軽減），③易洗浄性，④通気性・通水性がよいことなどが潰瘍治癒に役立ったと考える。

今後は微調整を可能としつつ，除圧部位の硬度や局在を客観的に評価し，それを製造過程に組み込むシステムを構築するなど，より理想的なインソール製作に向けて取組んでいきたい。

## 結 語

左下腿コンパートメント症候群術後に遺残した

内反尖足に生じた足底難治性潰瘍に対して，3Dプリンターを用いて製作したインソールにより潰瘍が治癒した1症例を経験した。本インソールは足底の難治性潰瘍に対して有用な装具となる可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) 奥野雅大. 国内における3Dデジタル技術の義肢装具分野への取り組み. 日本義肢装具学会誌 2020; 36(3): 198-9.
- 2) Tom Michaud (坂本明信訳). 現在の足底板治療の傾向. 日本義肢装具学会誌 2008; 24(3): 154-9.
- 3) 益原 絆, 山上修二, 坂本 勉. 足底板に用いられる材料. 日本義肢装具学会誌 2008; 24(3): 174-81.



特別講演

## 外反母趾の保存治療

# Conservative treatment for hallux valgus deformity

国保中央病院院長・整形外科

Director of Kokuho Central Hospital, Department of Orthopaedic Surgery

佐本 憲宏

Norihiro Samoto

**Key words** : 外反母趾 (hallux valgus), 保存治療 (conservative treatment), 母趾外転筋 (abductor hallucis muscle), 靴 (shoes), 足底挿板 (insole)

### 緒 言

令和4年9月2, 3日に早稲田明生会長の下, 第36回日本靴医学会学術集会在鎌倉市の鎌倉芸術館で3年ぶりの現地開催で盛大に行われた. その折に教育研修講演として, <外反母趾の保存治療>を講演させていただいた. 多くの聴衆者に参集いただいて, 感謝している次第である. というのもこの保存治療というエビデンスの示しにくいこの演題ではあるが, 今までの経験とできる限りの自身のデータを講演したつもりである. まだまだこれからも手術治療だけでなく, 特にこの日本靴医学会では保存治療に関する発表や原著論文の投稿を期待するところである.

### はじめに

外反母趾による痛みや変形を主訴に整形外科外来を紹介または初診で受診する患者は, 年々増加している. 30, 40年前には疼痛を伴う変形である疾患として一般の方々の認知度は非常に低かったと言える. 厚生労働省の患者調査では, 昭和59年と平成29年を比べると, 外来受診は13倍に, 手

(2023/01/27 受付)

連絡先 : 佐本 憲宏 〒636-0302 奈良県磯城郡田原本町大字宮古 404-1 国保中央病院  
TEL : 0744-32-8800 FAX : 0744-32-8811  
E-mail : norifoot315wffm@kcn.jp

術加療による入院加療は3倍に増加している. 総患者数としては8倍に増加したとされている<sup>1)</sup>. (図1) 現在ではさらに増加しているものと予測される. その要因としては, メディアにおいて外反母趾に関する情報にあふれており, 装具や運動療法, 施設紹介や外反母趾専門家のインターネットサイトが氾濫している. またテレビ放映やYouTubeでも外反母趾について取り上げられることが多くなった. ただ現在では本来保険診療対象ではない整骨院, 鍼灸院が自費診療を行い, それらからの発信も多いものの, そもそもすべてがその病態や治療に関して正確な情報発信とは言い難い. 自由診療と共に治療DVD販売や装具や靴の販売なども行われており, YouTubeでの紹介が特に多く, 一般の患者さんなどを混乱させていることは否めない. 一方で最近では, 医療機関や各学会が主導となる情報発信も急速に増加している.

ところが整形外科医院や診療所を受診しても, 原因は老化や変性であるとされることがほとんどである. さらに重度変形であるにもかかわらず, 手術するほどでもないということで鎮痛薬や湿布薬などを処方されることも少なくない. まだまだ啓蒙されていない現状であることは確かである.

このような状況下で足の外科を専門とし, さらに外反母趾の治療に専心している整形外科医師や日本靴医学会の会員も正確な情報を患者のみなら

平成 29 年 患者 調査 (傷病分類編)  
Patient Survey 2018 (Disease and Injury)  
厚生労働省大臣官房統計情報部

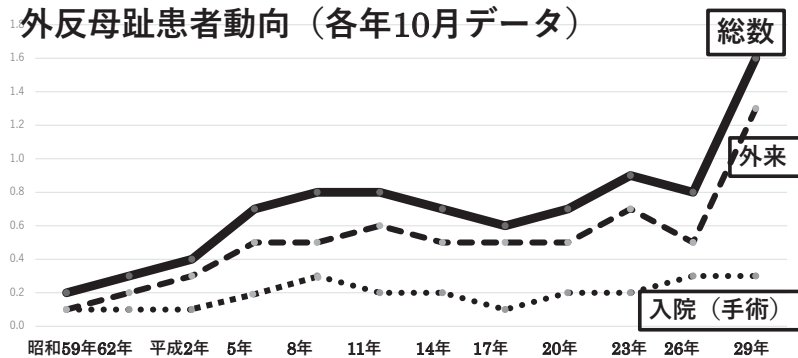


図 1. 厚生労働省による患者調査  
外反母趾患者の動向

ず地域の医師会や医院に伝えることは重要な責務である。とりわけ保存治療は重要であり、それによって手術に至らないケースも多くあるため、初療が特に重要となる。特に小児例では悪化予防で将来手術を必要としない様にするためには、保存治療がとりわけ重要であり、足の外科を専門とする医師への紹介を促してもらえようにならなければならない。

これら本学術集会での講演内容にそって論述していく。

## 外反母趾の病態と診断

### 1. 病態

外反母趾変形とは、母趾が中足趾節関節（以下 MTP 関節）で外反し、第 1 中足骨の内反と母趾列の回内があいまって、母趾基節骨は外反、母趾種子骨は外側へ偏位し、亜脱臼もしくは脱臼の状態になる<sup>2)3)</sup>。

外反母趾の病因は遺伝的要因である内的要因と環境的要因としての外的要因からなる。前者では母趾の中足骨が長い、エジプト型の足趾、扁平足、関節弛緩や長い第 2 趾などがあり、後者では生活

様式の欧米化や靴の不適合などがあげられる。

自験例の手術症例としては 9 対 1 で女性に多い。家族内発生は多く、58% から 84% と報告されている<sup>3)~5)</sup>。

### 2. 診断

荷重時単純レントゲン背底像で外反母趾角 (Hallux Valgus Angle, 以下 HVA) が、 $20^{\circ}$  以上  $30^{\circ}$  未満が軽度、 $30^{\circ}$  以上  $40^{\circ}$  未満が中等度、 $40^{\circ}$  以上を重度変形と分類する。補足する計測値では、第 1 第 2 中足骨間角や荷重時コンピュータ断層撮影 (以下 CT) などでの評価がある<sup>6)7)</sup>。これらでは種子骨中足骨間関節の関節症変化や母趾列および第 1 中足骨自体の回内の程度などを評価できる。また第 1 中足足根関節 (Tarsometatarsal Joint, 以下 TMT 関節) の不安定性などは臨床検査として特に必要である。(図 2)<sup>8)</sup>

同時に後足部も含めた足全体の評価も大切であり、さらに下腿骨の内稔や膝関節の状態など評価しておく。どこがどのようなときに一番痛むのか、また困っていることは何かを聴取して、治療選択の参考とする。(図 3)

著者は手術適応の中心は疼痛の程度と日常生活

## 1st TMT関節不安定性の診察

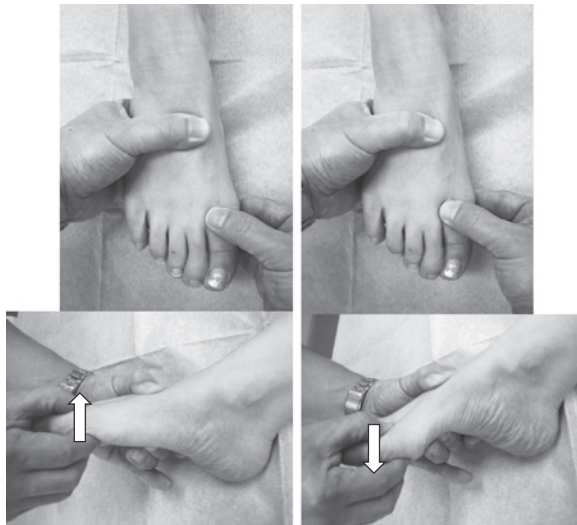


図2. 外反母趾の足部診察  
疼痛部位や胼胝の位置，母趾の回内度を診察する

## 疼痛部位・胼胝・回内など診察

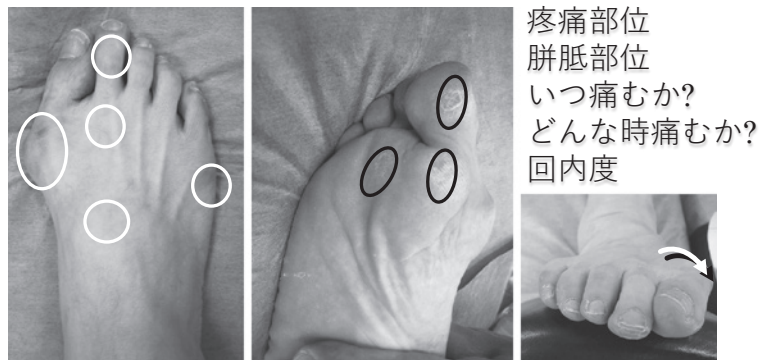


図3. 第1TMT 関節不安定性の診察  
TMT 関節の近位，楔状骨部分を片手で把持して，母趾中足骨頭を伸展屈曲させて，不安定性を観察する。明らかな不安定性を認める例である。

動作（Activity of Daily Life，以下 ADL）の低下の程度に重きを置いている。保存治療の適応となれば，後述のような治療を行うが足底挿板が特に有効な例も存在し，その折には当然靴の指導も中核をなすこととなる。

全体的な評価は日本足の外科学会母趾判定基準（JSSF Hallux scale）<sup>9)10)</sup> と SAFE-Q<sup>11)12)</sup> で評価する。これらの客観的，患者立脚型評価が手術適応の大きな材料になるが，患者の家族背景，仕事，認知能力，インフォームドコンセントなど多角的

な観点からの評価が重要である。

## 外反母趾に対する保存治療

### 1. 靴の指導

外反母趾診療ガイドラインでは<sup>13)14)</sup>、靴の指導は除痛効果を期待できるとしている。

不適切な靴の装用は外反母趾の増悪因子となる外的要因である。患者が求めることはまずは除痛効果ある靴であろう。ただし広い柔らかいという支持性のない靴は、除痛は得られても進行は抑えることはできない。ただし小児期からの外反母趾変形では、靴の選択は非常に重要であり、装具療法や運動療法と組み合わせて悪化させないようにすることはできる。

母趾 MTP 関節内側部のバニオンを圧迫せず、トーボックスが広く、足趾の運動を妨げない、ヒールは低くすること、そして中足部を靴紐で締結し、横アーチの低下を防ぐこと、靴のサイズ、履き方なども指導の中心となりうる。

足の外科専門医と知識豊富な義肢装具士、理学療法士の共同作業と考えられる非常に重要な治療方法となる。

### 2. 装具療法

外反母趾診療ガイドラインによると軽度から中等度変形では、装具療法で除痛効果が認められ、装着中にはHVAは3-7度の変形矯正効果があるとされている。また不適合な装具療法で疼痛が増悪する可能性もあり、注意を要する。

義肢装具士の採型による足底挿板と医師による適切な靴の指導、装用が推奨される。特に内田らはDynamic Move Control (DYMOCO)を提唱して、動的な観点から足底挿板の作成と修正などを行っている<sup>15)</sup>。

しかし昨今では資格を持たない外反母趾専門家と称する施術院や企業による販売が多くなされて、混乱をきたしていることは否めない。そのため足の外科専門医の責任は大きいといえる。

またその他の装具としては、弾性包帯による矯正<sup>16)</sup>や外反母趾用ソックス<sup>17)</sup>などが紹介され、矯正

肢位保持と除痛効果などが報告されている。

### 3. 薬物療法

外反母趾診療ガイドラインでは、薬物療法は消炎鎮痛剤入りの外用薬（シップや軟膏、クリーム）などが用いられる。ただし除痛効果は不明であり、疼痛が強い場合には、消炎鎮痛薬の内服薬処方を行うことがある。バニオン部の感染性滑液包炎をきたした場合には、抗生物質の処方を行う。また潰瘍や創を形成した場合には処置と消炎鎮痛剤と抗生物質の処方を行う。多くの場合には重度変形による合併症であり、その際には手術加療も考慮することになる。

保存治療は靴の指導、運動治療、装具療法と薬物治療の4つが主軸となる。日本整形外科学会の外反母趾診療ガイドラインによるとこれら4つの保存治療の効果と推奨レベルを述べているが、除痛効果と軽度から中等度変形の場合には変形矯正効果が期待できるとしている。

なかでも運動療法と装具療法では、矯正効果が期待できる治療法とされており、一般的にも普及しつつある療法と言える。

### 4. 運動療法

Hohmann 体操<sup>18)</sup>は文献的には最初に紹介された運動療法であり、その後も諸家から報告があり、装具とストレッチを組み合わせる保存治療を行った報告もある<sup>19)</sup>。われわれが1997年から行ってきた母趾をいわば内転させる自動運動としての母趾外転筋運動訓練はガイドラインでも記載されているように、特に若年者で軽度から中等度変形には有効で、変形矯正効果と除痛効果が得られる<sup>20)</sup>。高齢者でも悪化予防や足部内在筋の賦活による除痛効果が十分に得られ、術前にも軟部組織を柔軟化させる目的で行わせている。

外反母趾診療ガイドラインは2014年の改訂第2版が発刊されたが、Du Pressisらの運動療法が追加された。運動療法（母趾モビライゼーション、マニピュレーション）では軽度から中等度の外反母趾に対して除痛効果が期待できるとしている<sup>21)</sup>。2022年の改訂第3版ではさらに2編が追加

## 母趾外転筋

基節骨の内転、回外⇒HVAの減少

中足骨を外転⇒IMAの減少



図4. 母趾外転筋の機能と解剖

され、Kim<sup>22)</sup>や Abdalbary<sup>23)</sup>らにより、運動療法と装具療法のコンビネーションでの研究で、外反母趾角の改善や除痛効果が得られたとしてはいるものの、フォローの短さやエビデンスレベルの低さが指摘されている。

### 母趾外転筋運動訓練の効果

1995年から外反母趾に対する保存治療として著者が外来治療として開始した。そのヒントは米国留学時の腰痛患者の診察にあり、Straight Leg Rising Test (以下 SLRT) や疼痛部位やしびれの領域の他に、Manual Muscle Test (以下 MMT) を行うが、足趾を広げたり、すくめたりする自動運動テストを行っていた。そもそも母趾を内転肢位にするこの運動の神経支配領域は第2, 3仙髄神経であり、腰椎疾患の診察に必須のように行われていた。この肢位は明らかに外反母趾の患者では、自動運動として変形を矯正していることから保存治療として可能性があるとした仮説のもとに患者に推奨することを開始した。(図4)しかしEBMに乏しく、その効果を表面筋電図と単純レントゲ

ン検査を用いて明らかにした。本研究ではこの運動訓練のみの指導しか行っていない。外反母趾診療ガイドラインの運動療法による保存治療で引用されている。しかし現在では実際には足底挿板や靴の指導とともに保存治療を行うため、母趾外転筋運動訓練だけの効果とは言い難く、このデータのみが母趾外転筋運動訓練単独のEBMと言える。

その結果、指導前は約2割の症例が母趾内反運動を指導通り可能であった。6ヶ月後、約8割の症例で母趾内反運動がほぼできるようになった。1例のみ全くできなかった。この1例は、HVAが40°で重度外反母趾の患者である。脛骨神経のM波と神経伝導速度は全例正常範囲であった。単純X線では、平均値の比較でHVAは27.2°から25.2°(P<0.01)と有意に改善していた。IMAは15.2°から14.8°に改善していた。外反母趾の重症度と変形の改善との関係を探るためにHVAが30度以上と30度未満に分けてHVAの変化を比較すると改善角度では有意差はないものの改善率を比較すると30度未満の方が有意に改善することがわかった。軽度の外反母趾変形に対して特に効果的

## 母趾外転筋運動の評価

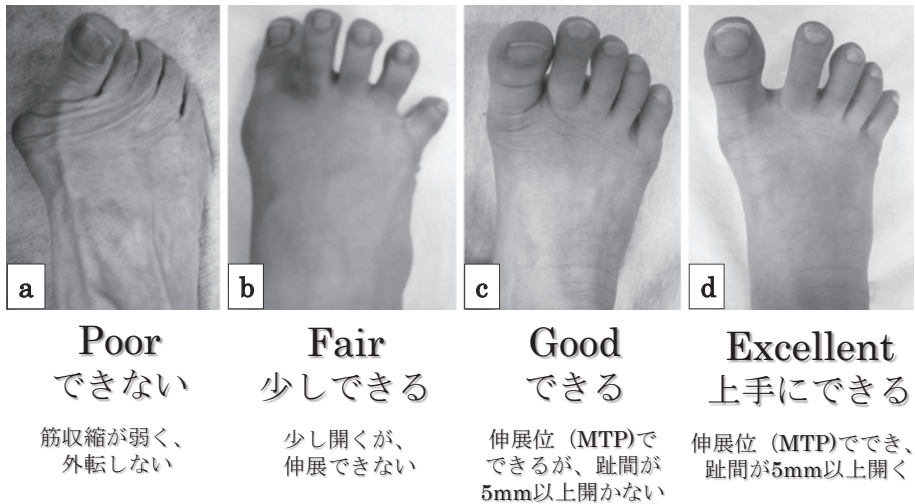


図5. 母趾外転筋運動の評価

であることが示唆された。

### 小児外反母趾に対する保存治療

外反母趾変形を主訴に整形外科を受診する小児例が増加しつつある。しかし受診時にほとんど疼痛がないことが多く、重度変形であっても受診継続が困難である。外反母趾治療の保存治療の最も重要なことは、悪化して手術を要する状態にさせないことであり、小児の外反母趾治療は特に継続して十分な運動療法とストレッチの指導、靴の指導と必要に応じた足底挿板の作成で加療すべきである。

著者は第38回日本足の外科学会学術集会で〈小児外反母趾に対する保存治療〉を報告した<sup>24)</sup>。小児外反母趾41例(平均11.6歳)について保存治療を施行して、17.6か月のフォローを行い、単純レントゲン検査で評価した。その結果として、運動療法を中心に装具療法を加えて治療し、軽度の変形改善が期待できること、初診時年齢が低いほど重症度は低く、悪化防止の効果は高いことを結果として報告した。

今後も小児外反母趾の治療は、非常に重要な課題と言える。

### 母趾外転筋運動状態の評価

上記の論文を公表後に運動訓練を指示した時の評価を簡潔にするために、Poor, Fair, Good, Excellentの4つに分類した<sup>25)</sup>。(図5)

Poor：できない(図5a)

外転筋の収縮も弱い、母趾MTP関節が屈曲してしまうだけ

Fair：少しできる(図5b)

外転筋の収縮はあるが第1第2趾間は開かず母趾MTP関節が伸展位にならない

Good：できる(図5c)

外転筋の収縮はあり、第1第2趾間の開きは5mm以下で母趾MTP関節が中間位から伸展位になる

Excellent：上手にできる(図5d)

外転筋の収縮は十分にあり、第1第2趾間の開きは5mm以上で母趾MTP関節が30度以上伸展できる。

初診時に母趾外転筋運動ができるかどうかをまず確認する。外反母趾と診断した患者のうち約半数は可能である（可能とは Good または Excellent に分類されたもの）。指導後 85% の患者が可能になるが、できない患者（できないとは Fair または Poor に分類されたもの）のほとんどは高齢者か重度変形を有する例である<sup>8)9)</sup>。重度変形でも指導前には本自動運動が 7.2% しかできなかったが、指導後 52.9% の患者で可能となる。ただし運動が可能でも疼痛を伴う。足がつるなどの訴えが約 15% に認められる<sup>9)10)</sup>。

### 母趾外転筋運動の実際

足部および下腿筋群をリラックスさせる。はじめは膝関節屈曲位 [45-90° 程度] とし、一度足底を床面に置かせて、足関節の肢位は底屈 20-30° 程度にする。本運動を繰り返し行っていれば、他関節の肢位にかかわらず運動可能である。

足趾を MTP 関節部で伸展させる。約 30-45 度の伸展を目安とする。伸展筋群が働くため足関節はやや背屈し、前足部が床面から浮いた状態になる。

そこで足趾を開くように指示し、母趾は必ず伸展位のままで行うように指導する。母趾が屈曲してしまう場合には MTP 関節を約 30 度伸展位に保つように患者自身の手で、母趾を把持してもらう。中足部を自身の手で押さえるとさらに容易にできる。足部内底側部に母趾外転筋の筋腹があることを説明し、筋収縮を触れさせる。母趾を伸展、外転および回外できているかを確認する。2-3 秒このような状態にして前足部を台に置き、十分に弛緩させる。これを 1 回につき 30 回から 50 回行う。1 日に 3-4 回行ってもらう、すなわち 1 日 150-200 回を目標に行うように指導する。しかし 200 回施行する患者は非常に少なく、実際には毎日 100 回はやるように指導する<sup>8)~10)</sup>。

ただしこの時第 2 から第 5 MTP 関節も同時に伸展するが、過度の過伸展は外反母趾の二次性変形である MTP 関節亜脱臼など惹起する可能性があ

り、注意を要する。

そしてこの母趾外転筋運動訓練は、母趾外転筋以外の足内筋のみならず、下腿からダイナミックな筋腱の活動も同時に働いており、エビデンスには乏しいがこれにより歩行やつまずきの予防にもつながるとい報告もある。（図 6）

#### 1. 母趾外転筋運動施行の工夫

母趾外転筋運動がうまくできない場合には、われわれが考案した簡易な外反母趾装具<sup>25)</sup>を装着させて行っている。本装具は、母趾を回内位から回外位に矯正するため、母趾外転筋運動がしやすくなる。回内位から回外位にすると母趾外転筋の走行が底側から背側に移動するためである。ただし軽度から中等度に適応である。（図 6）

また運動が可能でも疼痛を伴う。足がつるなどの訴えがある患者の場合にも本装具を用いて運動を行わせると中足部を締結して中足骨間が減じられるためにパニオン部での刺激が減り、疼痛が軽減される。それにより運動療法を円滑に行うことができる。

#### 2. ストレッチなど他動運動を主体とした運動療法

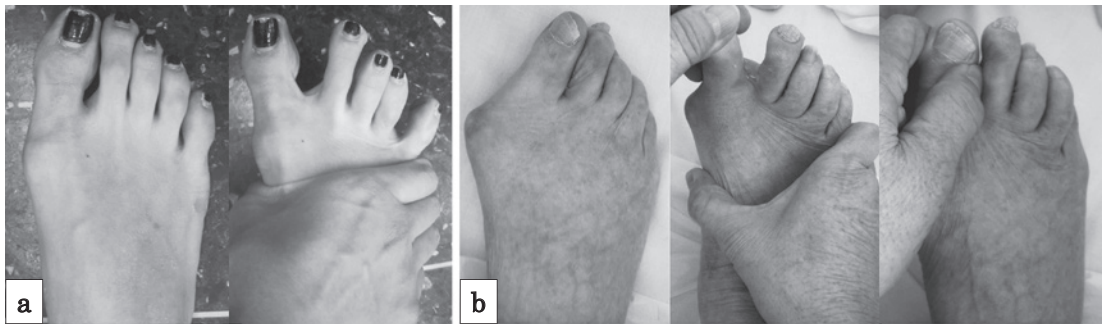
##### 1) 母趾に対するストレッチ

Hohmann 体操は認知度の高い外反母趾に対する体操である。ゴムの他に巾帯や弾性巾帯などを利用して可能である。

また外反母趾簡易装具<sup>25)</sup>や自身の手で中足部を締めて中足骨間角を減じてから施行すれば円滑に行うことができる。（図 6a）自動運動としての母趾外転筋運動訓練と同様にストレッチを行う際には、上記のように行くとパニオン部も押さえずに疼痛も生じさせずに行うことができる。患者自身の手で中足部を把持させるが、疼痛を有するパニオン部の近位と第 5 中足骨頭の近位を目安にさせる。もう一方の手で母趾を外転（内反）させるようにする。この際には母趾を外転するだけでなく、回外させることが重要である。（図 6b）

また回外操作だけを行うストレッチでは、脱臼位にある種子骨中足骨関節に対して整復位へと導

# 母趾外転筋運動訓練 補助的手法



**a** 中足部を締結して母趾外転筋運動

**b** 母趾の外転、回外ストレッチ



**c** 装具を用いた母趾外転筋運動

図6. 母趾外転筋運動訓練 補助的手法

- a) 中足部を患者指針の手で把持させて、自動運動訓練を行わせる。  
 b) 中足部を患者自身の手で把持させて、他方の手で母趾を外転させる。回内している母趾を回外位とする。  
 ＊疼痛を伴う場合には母趾をやや遠位に牽引して関節裂隙を広げるイメージで行わせる。  
 c) 中足部を装具で締結しての母趾外転筋運動

き、母趾内転筋の拘縮をストレッチする効果となる。母趾基節部を把持してやや遠位に牽引して行うと効果的である。両手を使って施行困難な場合には前述の装具やベルトなどで中足部を締結して、母趾だけを外転や回外を行うと高齢者や脳梗塞後で片麻痺の患者でもより容易に施行できる。(図6c)

## 2) 足部全体に対するストレッチ

母趾外転筋運動訓練を施行時には、ダイナミックな筋も活動している。長母趾伸筋および屈筋、長趾伸筋および屈筋、後脛骨筋と前脛骨筋を働かせている。論文でのデータは提示されていないが、これらのダイナミックな筋群もすべてが共同して

この運動は行っており、躓きや転倒予防にも有効とする意見も得ている。(図7)

最後に日本靴医学会の創設からの功労者である故石塚忠雄が1992年に出版された<新しい足と靴の医学>に外反母趾に関する考察として以下のように結びの言葉を述べており、著者も意気感を感じるところがあり、引用する。

<現在のわが国は戦後の著しい経済発展を遂げ、豊かな社会を形成させた。人々の欲望は、戦前に比べて極めて容易に達成され、自由を謳歌するあまり、間違った健康管理から自分自身の身体を蝕んでいく傾向が最近ますます顕著になっている。



## 母趾外転筋運動訓練

- Intrinsic muscle**   
母趾外転&内転筋、短母趾屈筋&  
伸筋、短趾伸筋&屈筋、骨間筋他
- Dynamic muscle I**   
長母趾伸筋&屈筋,長趾伸筋&屈筋
- Dynamic muscle II**   
前&後脛骨筋、長短腓骨筋  
下腿三頭筋

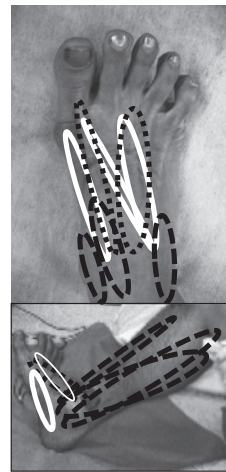


図7. 母趾外転筋運動訓練に必要な筋

そこで医師は治療にのみ専念し、明らかに防止できる疾患に対して適切な指導、忠告を行っているかを考え併せるとき、はなはだ心もとない現状である。

今後の医師は病気を治すということだけでなく、健康な靴作りを指導して、人間本来の運動機能すなわち起立能力の向上、歩行機能の増進に努めるべきと考える。これらの問題を考えるとき、靴というものがいかに大きなウエートを占めているかを再認識しておく必要がある。 ><sup>26)</sup>

### まとめ

保存治療は外反母趾の治療の第1選択であり靴の指導、運動療法、装具療法および薬物療法を行うべきである。母趾外転筋運動訓練や関節や筋腱のストレッチは関節拘縮を軽減させて、正常な関節運動を復活させるため、中等度以上の外反母趾変形の悪化予防、軽度変形例や小児や若年例では変形矯正効果が期待できるため、継続して行わせることが非常に有用と考えられる。

### 文 献

- 1) 厚生労働省大臣官房統計情報部. 平成29年(2017)患者調査(傷病分類編). 厚生労働省人口動態・保健社会統計課, 保健統計室患者統計係. 2018.
- 2) 佐本憲宏. 外反母趾の病態と保存的治療. MEDICAL REHABILITATION 2011; 128: 33-40.
- 3) 佐本憲宏. 外反母趾 病態・診断・保存的治療. <足の変性疾患・後天性変性の診かた.>明日の足診療シリーズI. 日本足の外科学会監修. 2020. 185-93.
- 4) 佐本憲宏. 外反母趾の病態と保存的治療. MEDICAL REHABILITATION 2011; 128: 33-40.
- 5) 田中康仁. 外反母趾. 図説足の臨床. 高倉義典監修, 田中康仁, 北田 力編集, 東京:メディカルビュー社; 2010. 137-48.
- 6) 佐本憲宏. CTを用いた外反母趾手術における種子骨複合体の評価(部分荷重状態でのCT評価). 別冊整形外科 2012; 62: 55-62.
- 7) Katsui R, Samoto N, Taniguchi A, et al. Relationship between displacement and degenerative changes of the sesamoids in hallux valgus. Foot Ankle Int 2016; 37 (12): 1303-9.
- 8) 佐本憲宏. 【ポイント解説】整形外科診断の基礎知識】下肢疾患. 外反母趾の診断. Orthopaedics 2017; 30 (10): 225-32.
- 9) Niki H, Aoki H, Inokuchi S, et al. Development and reliability of a standard rating system for outcome measurement of foot and ankle disorders I: development of standard rating system. J Orthop Sci 2005;

- 10 : 457-65.
- 10) Niki H, Aoki H, Inokuchi S, et al. Development and reliability of a standard rating system for outcome measurement of foot and ankle disorders II : interclinician and intraclinician reliability and validity of the newly established standard rating scales and Japanese Orthopaedic Association rating scale. *J Orthop Sci* 2005 ; 10 : 466-74.
  - 11) Niki H, Tatsunami S, Haraguchi N., et al. Validity and reliability of a self-administered foot evaluation questionnaire (SAFE-Q). *J Orthop Sci* 2013 ; 18 : 298-320.
  - 12) Niki H, Haraguchi N., Aoki T., et al. Responsiveness of the Self-Administered Foot Evaluation Questionnaire (SAFE-Q) in patients with hallux valgus. *J Orthop Sci* 2017 ; 2 : 737-42.
  - 13) 日本整形外科学会外反母趾ガイドライン策定委員会. 外反母趾診療ガイドライン. 改訂第2版. 南江堂 ; 2014. 36-45.
  - 14) 日本整形外科学会外反母趾ガイドライン策定委員会. 外反母趾診療ガイドライン. 改訂第3版. 南江堂 ; 2022. 25-34.
  - 15) 内田俊彦, 東 佳徳. 外反母趾の保存療法. 足底挿板の作製に関して【外反母趾の治療 最前線】. *Orthopaedics* 2016 ; 29 (4) : 25-31.
  - 16) 青木孝文. 前足部変形に対するフットケア. 【整形外科外来のフットケア】. *Orthopaedics* 2015 ; 2 (3) : 19-27.
  - 17) 神谷奈津美, 浦辺幸夫, 平山真由子他. 外反母趾対策靴下による外反母趾角の修正効果について. *運動療法と物理療法* 2010 ; 21 (3) : 241-6.
  - 18) Hohmann G. Der Hallux Valgus und die vebrigen Zehenverkrümmungen. *Ergeb., Chir. Orthop* 1925 ; 18 : 308-76.
  - 19) Groiso JA. Juvenile hallux valgus. A conservative approach to treatment. *J Bone Joint Surg* 1992 ; 74-A : 1367-74.
  - 20) 佐本憲宏, 樋口恵一, 杉本和也他. 外反母趾に対する母趾内反運動訓練の効果 —表面筋電図を用いた検討—. *日本足の外科学会雑誌* 2000 ; 21 : 12-6.
  - 21) Du Plessis M, Zipfel B, Brantingham JW, et al. Manual and manipulative therapy compared to night splint for symptomatic hallux abducto valgus -An exploratory randomized clinical trial-. *Foot (Edinb)* 2011 ; 21 (2) : 71-8.
  - 22) Kim MH, Yi CH, Weon JH, et al. Effect of toe-spread-out exercise on hallux valgus angle and cross-sectional area of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. *J Phys Ther Sci* 2015 ; 27 : 1019-22.
  - 23) Abdalbary SA. Foot mobilization and exercise program in combination with toe separator improves outcomes in women with moderate hallux valgus at the one-year follow-up ; randomized clinical trial. *J Am Podiatr Med Assoc* 2018 ; 108 : 478.
  - 24) 佐本憲宏, 磯本慎二, 中本祐輔他. 小児外反母趾に対する保存治療 (会議録). *日本足の外科学会雑誌* 2013 ; 34 (2) : 158.
  - 25) 佐本憲宏, 藤田 烈, 杉本和也他. 外反母趾の術後簡易装具の使用経験. *靴の医学* 2008 ; 21-2 : 129-33.
  - 26) 石塚忠雄. 足の疾患と靴. 外反母趾. *新しい足と靴の医学*. 金原出版 ; 1992. 127-28.

## 編集委員会からの謝辞

(靴の医学) 査読者の先生がたには、お忙しいなか、丁寧、迅速かつ親身に査読をしていただき、本当に感謝しております。編集委員会を代表して深甚なる謝意を表します。本当にありがとうございました。

### 2022 年度査読担当者

青木 孝文	秋山 唯	池澤 裕子	井上 敏生	印南 健
内田 俊彦	浦辺 幸夫	大内 一夫	大塚 和孝	奥田 龍三
落合 達宏	門野 邦彦	北 純	倉 秀治	佐本 憲宏
塩之谷 香	庄野 和	杉本 和也	須田 康文	田代宏一郎
谷口 晃	鳥居 俊	野口 昌彦	羽鳥 正仁	平石 英一
町田 英一	安田 義	安田 稔人	矢部裕一郎	早稲田明生

(敬称略)

靴の医学 編集委員長 橋本 健史



# 日本靴医学会 会則

## (名称)

第1条 本会は、“日本靴医学会”(英文で表示する場合は、The Japanese Society for Medical Study of Footwear)と称する。

## (目的および事業)

第2条 本会は、靴の医学的知識と技術の進歩、普及をはかり、学術文化の向上に寄与することを目的とする。

第3条 本会は、第2条の目的達成のためにつきの事業を行う。

1. 学術集会および講習会などの開催
2. 会誌・図書などの発行
3. その他、本会の目的達成に必要な事業

## (会員)

第4条 会員は、本会の目的に賛同するつぎの者とする。

1. 正会員 日本国の医師免許証を有する個人、あるいは別に定める規定により承認された個人で、別に定める年会費を納める者。
2. 準会員 靴医学についての専門知識と技術を有する正会員以外の個人と法人で、別に定める年会費を納める。
3. 賛助会員 本会の事業を賛助し、別に定める年会費を納める個人または団体。
4. 名誉会員 本会の進歩発展に多大な寄与、特別に功労のあった者で、評議員および総会で承認された日本および外国に在住する個人。

## (入会および退会)

第5条 正会員、準会員および賛助会員として入会を希望する者は、所定の申し込み書に必要事項を記入して本会事務局に申し込

む。理事会の承認を受けたのち、当該年度の年会費の納入をもって会員としての権利を行使できる。

1. 名誉会員として承認された者は、入会の手続きを要しない。本人の承諾をもって会員となることができ、年会費を納めることを要しない。
2. 退会希望者は、退会届けを本会事務局に提出する。退会に際しては、正会員、準会員および賛助会員で年会費に未納があるときは、これを完納しなくてはならない。再度入会を希望するときは、第5条一項に規定する入会手続きをとり、会員であった期間の未納年会費があれば、これを納入する。
3. 正会員、準会員および賛助会員で、正当な理由なく2年間会費を納入しない者は、理事会および評議員会の議を経て除名することができる。再度入会を希望するときは、第5条一項に規定する入会手続きをとり、会員であった期間の未納年会費を納入する。
4. 本会の規定に背く行為、本会の名誉を損なう行為のあった会員は、理事会および評議員会の議を経て除名する。

## (役員および理事会)

第6条 本会に下記の役員を置く

1. 理事長 1名
2. 理事 若干名
3. 監事 2名

- 二. 理事長は理事会で互選によって選出する。
- 三. 理事および監事は評議員の中から理事会で推薦し、評議員会および総会で承認する。

四. 役員任期は2年とし、再任を妨げない。

第7条 理事長は本会を代表し、会務を総括する。

- 二. 理事は本会の代表権を有し、理事会を組

織して会務（庶務、財務、渉外、学術、各種委員会）を執行する。

- 三. 理事会に副理事長を置く。
- 四. 監事は本会の財産および業務の執行を監査する。
- 五. 理事会は理事長が必要に応じて招集し、理事会の議長は理事長とする。
- 六. 次の事項は理事会で審議し、評議員会の決議を経て総会の承認を得なければならない。
  1. 学術集会の会長、副会長の選出
  2. 理事および監事の選出
  3. 事業報告、事業計画、予算、決算に関する事項
  4. 会則の変更
  5. その他、特に必要と考えられる事項

（評議員および評議員会）

第8条 本会に評議員を若干名置く。

- 二. 評議員は、正会員の中から理事会の議を経て理事長が委嘱する。任期は2年とし再任は妨げない。
- 三. 評議員は評議員会を組織し、第7条六項に規定する本会の運営に関する重要事項を審議する。
- 四. 評議員会は年1回、理事長が招集する。
- 五. 理事長が必要と認めるとき、および理事または評議員の1/3以上、正会員の1/4以上から開催の請求があったとき、理事長は評議員会を1ヶ月以内に招集しなければならない。
- 六. 評議員会の議事は出席者の過半数をもって決定する。
- 七. 名誉会員は評議員会に出席して意見を述べることはできるが、決議には参加できない。
- 八. 評議員会の議長は第10条に規定した学術集会会長とする。

（総会）

第9条 総会は第4条に規定した正会員をもって

組織する。

- 二. 通常総会は年1回、学術集会期間中に理事長が招集する。
- 三. 臨時総会は理事会からの請求があったとき、理事長はこれを招集しなくてはならない。
- 四. 総会では第7条六項に規定する重要事項を審議し、承認する。
- 五. 総会の議長は出席者の過半数をもってこれを決する。
- 六. 総会の議長は第10条に規定した学術集会会長とする。

（学術集会会長および学術集会）

第10条 学術集会を年1回開催するため、会長および副会長をおく。副会長は次年度の学術集会を開催する会長予定者とする。任期はその集会にかかわる期間とする。

- 二. 会長および副会長は理事会において理事および評議員の中から推薦し、評議員会および総会で承認する。副会長は会長を補佐し、会長に事故あるときにはその職務を代行する。
- 三. 会長は学術集会を主催し、学術集会の発表演題の採否を決定する。
- 四. 会長は、その任期中に開催される評議員会と総会の議長をつとめる。
- 五. 会長および副会長は評議員の身分であっても理事会に出席して意見を述べることができる。ただし理事会の決議には参加できない。

第11条 会員は参加費を支払い、学術集会に参加することができる。

- 二. 学術集会での発表の主演者および共同演者は、原則として正会員、準会員、名誉会員とする。
- 三. 会長は本会の会員以外の者を学術集会に招いて、講演、シンポジウムなどの演者を依頼することができる。
- 四. 本会の会員以外でも、会長の承認を得て

学術集會に特別参加し、主演者および共同演者として発表することができる。

- 五. 四項に該当する者が機関誌に投稿を希望する場合には、臨時会費として当該年度の年会費を納入しなければならない。

(委員会)

第12条 本会の活動のため、理事会の議を経て各種委員会を置くことができる。

(経費)

第13条 本会の経費は会費およびその他の収入をもってあてる。

(事業年度)

第14条 本会の会計年度は、毎年8月1日に始まり翌年の7月31日に終わる。

(附則)

第15条 本会則は平成20年10月4日から適用する。

#### 年会費細則

第1条 年会費について、正会員は10,000円、個人準会員は8,000円および法人準会員は登録者1名あたり13,000円とし、当該年度に全額を納入すること。

第2条 賛助会員の年会費は10,000円以上とし、当該年度に全額を納入するものとする。

第3条 正会員、準会員および賛助会員で正当な理由なく2年間会費を納入しない者は理事会、評議員会を経て除名する事ができる。

附則) この細則変更は、理事会で審議し、評議員会の決議を経て、総会の承認を要するものとする。

#### 内規

##### 1. 名誉会員に関する内規

国籍の如何を問わず、本会の進歩発展に多大な寄与、特別の功労のあった者とする。理事会推

薦し、評議員会および総会で承認を得なければならない。

##### 2. 正会員に関する内規

1) 靴医学についての専門知識を有し、本会の発展に大きな寄与をなすと考えられ、2人以上の評議員から推薦を受けた者。

2) 準会員として10年以上本学会に所属して本会の発展に貢献した者。

3) 準会員で筆頭演者(著者)として、学会学術集會の演題発表または「靴の医学」論文号への論文掲載が合計で2回(編)以上を満した者。

##### 3. 理事および評議員に関する内規

1) 理事は12名以内とする。

2) 評議員の定員は定めない。

3) 理由なく理事会あるいは評議員会を2年連続欠席した役員は、任期途中であっても、当該役員会終了時に退任とする。

4) 70歳を越えた役員は、次の役員会終了時に定年とする。

##### 4. 見舞金・香典に関する内規

見舞金等については、役員逝去の場合のみ、香典・生花を事務局より送る。その他、有志一同で行うには、個人の自由とする。

##### 5. 法人準会員に関する内規

1) 法人準会員は、入会時に担当者数を登録し、会費納入時にこれを変更できる。

2) 法人準会員は、入会時に当該法人に属する個人の氏名を担当者として登録し、会費納入時にこれを変更できる。

3) 登録された担当者は個人準会員に準じた権利義務を有する。

##### 6. 当内規は平成25年9月27日より施行する。

## 日本靴医学会機関誌「靴の医学」投稿規定

1. 著者・共著者は、全て日本靴医学会会員に限る。  
ただし、本学会が依頼ないしは許可した場合は、この限りでない。
2. 論文は未発表のものに限る。
3. 投稿原稿は、別に定める細則に従い作製し、定められた締切日までに、定められた場所へ送る。  
投稿締め切り日は厳守する。
4. 投稿は原著論文と、それ以外の寄稿に分ける。  
原著論文は科学論文としての正当性と再現性を要する。  
原著論文の原稿は下記の形式と順序に従い執筆する。
  - 1) 表紙には下記の事項を記載する
    - a) 表題名 (英文併記)
    - b) 著者・共著者 (5名以内) (英文併記)
    - c) 著者・共著者の所属機関 (英文併記)
    - d) 著者の連絡先住所、電話番号、Fax番号、E-mailアドレス
  - 2) 論文要旨 (300字以内)  
キーワード (5個以内、英文併記)
  - 3) 本文は下記の事項を記載する
    - a) 緒言
    - b) 対象と方法
    - c) 結果
    - d) 考察
    - e) 結語
  - 4) 文献は10編以内とする。文献は本文中での引用順位に番号を付け配列する。本文中では上付きの番号を付けて引用する。4名を超える著者は「他」, “et al.”を添え、省略する。雑誌名の省略は、和文では雑誌に表示された略称、欧文雑誌ではIndex Medicusの略称に従う。文献の記載法を次に記す。
    - a) 雑誌は、著者名 (姓を先)、標題名、雑誌名、西暦発行年；巻：最初の頁-最後の頁。  
Justy M, Bragdon CR, Lee K, et al. Surface damage to cobalt-chrome femoral head prostheses. J Bone Joint Surg Br 1994;76:73-7.  
石塚忠雄. 新しい老人靴の開発について. 靴の医学 1990;3:20-5.
    - b) 単行本は、著者名 (姓を先)、表題、書名、版、編者、発行地：発行者 (社)；発行年、引用部の最初頁-最後頁。  
Ganong WF. Review of medical physiology. 6th ed. Tokyo:Lange Medical Publications;1973. 18-31.  
Maquet P. Osteotomies of the proximal femur. In:Osteoarthritis in the young adult hip. Reynolds D, Freeman M, editors. Edinburgh:Churchill Living-stone;1989. 63-81.



寺山和雄. 頸椎後縦靱帯骨化. 新臨床外科全書 17 巻 1. 伊丹康人編. 東京：金原出版；1978. 191-222.

- 5) 図・表説明は、理解に必要十分で、簡潔かつ本文と重複しない。
- 6) 図・表を細則に従い作製し、図・表の挿入個所は本文中に指定する。

図・表は個人が特定できないものとする。

5. 原稿は和文、常用漢字、新かな使いとし、簡潔であることを要する。学術用語は「医学用語辞典（日本医学会編）」、「整形外科用語集（日整会編）」、「足の外科学用語集（日本足の外科学会編）」に従う。論文中の固有名詞は原語、数字は算用数字、度量衡単位は SI 単位系を用いる。日本語化した外国語はカタカナで、欧米人名はアルファベットで記載する。英語は文頭の一字のみを大文字で記載する。商品名・会社名などの記載は、再現の為に必然性のある場合のみとし、単なる宣伝や商行為と思われる場合はこれを禁止する。
6. 原稿は製本時組み上がり 4 頁以内を原則とする。（図・表は原稿用紙 1 枚と数え、400 字詰原稿用紙でほぼ 14 枚以内となる。）
7. 原稿は査読の後、編集委員会で掲載を決定する。編集委員会は、内容について、修正を要するものや疑義あるものは、コメントを付けて書き直し求める。また、編集委員会は、著者に断ることなく、不適切な用語・字句・表現などを修正または削除することがある。
8. 日本靴医学会学術集会で発表し、かつ規定期間内に投稿した論文の掲載料は、規定の頁数までを無料とする。それ以外の投稿の掲載料は、有料とする。また、別刷り、超過分、カラー印刷、特別に要した費用に関しては全て自己負担とする。ただし、本学会が依頼または許可した場合は、この限りでない。
9. 原稿は、原則、返却しない。

付則 本規定は平成 18 年 4 月 1 日から適用する。この規定の変更には、理事会、評議員会の承認を要する。

## 「靴の医学」投稿規定細則

1. 日本靴医学会学術集会で発表した論文は、1ヶ月以内に投稿する。  
それ以外の投稿は随時受付ける。
2. 原稿はCD-Rに焼き、プリントしたハードコピー（図表も含む）を1部添えて下記に送付する。  
日本靴医学会「靴の医学」編集部  
〒114-0024 東京都北区西ヶ原3-46-10（株）杏林舎内  
FAX:03-3910-4380 e-mail:edit@kutsuigaku.com
3. 全てのファイルはWindowsで開きかつ読めるものとする。
4. 原稿の文章は、WindowsのWordで開き、読めるように作製し、kutsu\_xxxx.doc（xxxxは著者名の小文字アルファベット）のワード・ファイル（拡張子doc）として保存する。また、同じ文章をkutsu\_xxxx.txtのテキストファイル（拡張子txt）としても保存する。
5. 写真は画質が著しく劣化するので、オリジナルの画像ファイルから作製し、発表時のパワーポイントの写真を利用しない。  
画像ファイルの形式は、TIFF（\*.tif）が望ましい。ファイル名はkutsu\_xxxx\_fig\_n.tif（nは図の番号、枝番はa, b, c…を後に付ける）とする。デジカメでよく利用されるJPEG（\*.jpg）形式の画像ファイルは、保存を繰り返すたびに画質が劣化するので、JPEGを利用する際には、保存時、必ず高画質、低（無）圧縮を選択する。  
解像度は、掲載希望サイズの実寸で300dpi（1インチ当たり300ドット）以上を厳守する。前述の説明が不明の場合は、デジカメで撮影したオリジナルのファイルを添付し、希望サイズをハードコピーに明記する。「靴の医学」はB5サイズ2段組なので、幅140mmで横1枚、70mmで横2枚の図がおさまる。  
図のサイズ、解像度、上下左右、白黒かカラー（自己負担）かはファイルの通りとするので、プリントしたハードコピーで読者が十分判読できることを十分確認し、貼付する。  
組写真は必然性のあるものに限り、事前に1枚の写真に合成して提出する。
6. グラフは発表時のパワーポイントのグラフを利用しない。Excelなど、グラフを作製したプログラムで作成されるファイルを投稿する。写真と同様、希望のサイズにプリントし、読者が判読できる事を確認する。ファイル名はkutsu\_xxxx\_fig\_n.xls（Excelの場合、nは図の番号）とする。
7. 表は発表時のパワーポイントの表を利用しない。Excelなど、表を作製したプログラムで作成されるファイルを投稿する。写真と同様、希望のサイズにプリントし、読者が判読できる事を確認する。ファイル名はkutsu\_xxxx\_tab\_n.xls（Excelの場合、nは表の番号）とする。
8. 表紙と同じ情報と、原稿の本文、写真、図、表に使用したアプリケーション（プログラム）名とそのバージョン番号を、それぞれWindowsのノートパッドなどで、テキストとしてread\_xxxx.txtのファイルに保存する。
9. 原稿の文章、写真、図、表、read\_xxxx.txtを、印刷し貼付する。カラー印刷を希望する場合は、カラーの見本プリントを同封し、カラー印刷を希望する旨を明記する。
10. CDの表面に「靴の医学」、著者名、投稿年月日、e-mailアドレスを明記する。

付則 本細則は平成18年4月1日から適用する。本細則の変更は、理事会、評議員会へ報告する。