

靴の医学

Volume 25
No. 2

2011

編集
日本靴医学会

靴の医学

Volume 25

No. 2

2011

編集

日本靴医学会

原 著

治療靴

硬性の足底装具にて保存的治療を行った

Freiberg 病の 2 例井上 敏生ほか..... 1

中足骨頭底部痛に対する足底板の効果.....遠藤 拓ほか..... 5

運動負荷増強を目的としたトレーニングシューズの開発

—第 1 報—.....島田 雅史ほか..... 10

浮き趾者における足底挿板の有用性の検討.....阿部 真典ほか..... 14

小児扁平足に対するハイカットシューズの効果.....寺井 深雪ほか..... 19

靴の基礎（作成）

足底面皮膚感覚閾値の違いを考慮した

インソール設計のための基礎研究.....飯塚 勇人ほか..... 22

中足骨列連結強度の検討

—靴型前足部設計の指標として—.....本塚 茂樹ほか..... 26

Dynamic Move Control 理論に基づく足底挿板の作製方法について

—観察による歩行分析を用いて—.....東 佳徳ほか..... 31

採型手技の標準化の試み（第二報）

～立位での採型を基準として～.....曾我 敏雄ほか..... 36

靴の基礎（機能）

異なる靴下による足底圧への影響調査.....新城 孝道 41

転倒予防靴下が姿勢制御能力に与える影響.....長谷川正哉ほか..... 47

転倒予防靴下による歩行能力の変化

—加速度計を用いた分析—.....篠原 博ほか..... 52

外反母趾に対する機能靴下の

外反母趾角矯正効果の検討.....宮田 重樹 56

転倒予防靴下を着用した際の足関節の

背屈角速度の変化.....高井 聡志ほか..... 59

靴下の伸縮性が衣服圧と着衣快適性に与える影響.....細谷 聡ほか..... 64

靴ひもが体幹前傾時の筋活動に及ぼす影響	吉川 雅夫ほか	69
外反母趾術後免荷装具の足底圧分析	須貝 奈美子ほか	74
靴の足囲サイズと歩行動作の関係に関する研究	林 亮誠ほか	78
足底挿板が片脚立位重心動揺に及ぼす影響	石川 修平	84
“足袋”に作製した足底挿板の紹介	小林 文子ほか	87
Windlass Action による足部形状の変形動態に応じた		
内側縦アーチパッド高の検討	赤石 恒一ほか	93
ソックス形状及びインソール表面摩擦が		
シューズ歩行に及ぼす影響	中務 雄太ほか	97
足底挿板が歩行時の足アーチ高にあたえる		
影響についての運動学的検討	橋本 健史ほか	101

靴の基礎（横断的研究）

フットウェアの介入によるウォーキング教室		
Y 町における転倒予防事業	櫻井 寿美ほか	106
適切な靴使用が高齢者の身体および		
日常生活に与える効果	阿部 薫ほか	111

足の外科

足部アーチに着目した歩行解析	丸山 貴之ほか	115
デジタルカメラ画像による足型測定システムの開発		
一足背高測定法の開発	林 政喜ほか	120
高齢女性の足部異常が歩行機能に及ぼす影響	櫻井 祐子ほか	125
サッカー選手の下肢の外傷、障害と		
足部形態の関連性	阿久澤 弘ほか	130
当科における術中足底鏡の試み	倉茂 聡徳	134
若年女性の外反母趾と足趾筋力	杉浦 弘通ほか	140
外反母趾のウィンドラスメカニズム	田村 孝広ほか	144
サッカー選手における足関節内反捻挫後の		
足圧中心の経時変化	小林 直行ほか	147

特別講演

コラム

40 歳以降の第一趾側角にみる性差	酒向 俊治ほか.....	150
足部縦アーチの荷重による変化の検討：		
CT による 3 次元解析	木井雄一郎ほか.....	155
古代の履物の様相—日韓の履物文化の比較—.....	本村 充保	160
足底圧測定からみた足の 3 点支持.....	早船 佳文ほか.....	175

巻頭言

日本靴医学会理事長 寺本 司

本年度より日本靴医学会の理事長をさせていただくことになりました。昨年は日本にとっては激動の年で、私自身も多くのことを考えさせられた一年となりました。3月11日におこりました東北大震災は2万人の死者、行方不明者を出し、関東東北の沿岸の市町村は壊滅的な打撃を受けました。更に震災後、福島原発事故により、未だに避難を余儀なくされている方も多くいます。東日本の大地はずれ、飛行機の上から見た景色は想像を絶するものがありました。私自身は長崎の五島列島の有る病院でちょうど手術中でしたが、映像に映る津波の想定外の大きさは地球全体の海が溢れ出ているようにも見えました。自然の驚異に対しての人間の無力さを感じずにいられませんでした。しかしその後の日本人のたくましさは涙なしにはなかなか見れませんでした。すぐに医療組織を作って支援に向かわれた方、食料をもっていかれた方などに日本全国、世界から支援の輪が震災後一年経った今でも被災地に届いています。そんな中、日本整形外科学会ははじめ国際足の外科も中止を余儀なくされました。今回は国際足の外科学会、日本足の外科学会、日本靴医学会を奈良で同時開催するという大きな目標がありましたが、残念ながら完全な開催はできませんでした。しかし今回の第25回日本靴医学会は2011年9月19日と9月20日に両日、奈良医科大学整形外科教授の田中康仁会長のもと、スポーツに求められる靴の機能、機能靴下の現状と未来―靴下を科学する―などのシンボがくまれ、田中会長の独創的なアイデアを感じた学会でした。また日本靴医学会は医師、義肢装具士、靴業界を含めた、他の学会にはないユニークな構成の学会です。今後用語の問題の解決は必須になります。しかし用語の統一もなかなかまなりません。今後の大きな課題の一つと考えます。更に将来にわたって検討が必要なのが検定制度です。アメリカの学会にはあるようですが、更に難しい問題です。ゆっくり検討していきたいと思います。今後会員の皆様方の御協力により、よりよい学会を作るよう努力したいとおもいます。皆様方の御指導よろしくお願いいたします。

硬性の足底装具にて保存的治療を行った Freiberg 病の 2 例

Two cases of Freiberg disease treated conservatively with hard-sole brace

¹⁾白十字病院 整形外科

²⁾白十字病院 リハビリテーション科

³⁾福岡大学 整形外科

¹⁾Department of Orthopaedic Surgery, Hakujyui Hospital

²⁾Department of Rehabilitation, Hakujyui Hospital

³⁾Department of Orthopaedic Surgery, Fukuoka University Faculty of Medicine

井上 敏生¹⁾, 田村 孝広²⁾, 吉村 一郎³⁾, 金澤 和貴³⁾
Toshio Inoue¹⁾, Takahiro Tamura²⁾, Ichiro Yoshimura³⁾, Kazuki Kanazawa⁴⁾

Key words : フライバーグ病 (Freiberg disease), 保存的治療 (conservative treatment), 硬性足底道具 (hard-sole brace)

抄 録

硬性の足底装具で治療を行った Freiberg 病の 2 例を報告する。症例 1 は 16 歳男性。スポーツはソフトボール。数年前から右足の疼痛あり。X 線で右第 2 中足骨頭の扁平化と骨透亮像を認めた。スポーツを中止し硬性の足底装具を装着した。7 ヶ月後、X 線で透亮像はほぼ消失したため、装具を除去し、ソフトボールに復帰した。症例 2 は 14 歳女性。スポーツはバドミントン。6 ヶ月前に左足部痛が出現した。疲労骨折の診断でアーチサポート付きの足底板を作成したが、その後 X 線で左第 2 中足骨頭の扁平化と骨透亮像が出現した。スポーツを中止し硬性の足底装具を装着した。5 ヶ月の装着後に骨透亮像と扁平化は改善し、装具を除去し

た。疼痛はほぼ消失した。

緒 言

Freiberg 病¹⁾は、中足骨頭の無腐性壊死で、10 歳から 18 歳の女性に好発する。第 2 中足骨頭が最も多く、MTP 関節部の腫脹、発赤、圧痛、踏み返し時の疼痛が見られる。軽症では自然修復するが、進行例では中足骨頭変形により関節症を生じる。治療は、歩行キャスト、装具や保護靴などの保存的治療をまず行うが、保存的治療無効例や進行していく例に対しては、しばしば観血的治療が必要となる。

保存的治療における装具の目的は、罹患中足骨頭が脆弱な間、荷重により変形していくのを防ぐことである。しかし具体的な装具の報告は見当たらない。今回、2 症例に対し、中足骨頭の免荷、および MTP 関節の背屈制限ができる装具を作成したので報告する。

(2011/11/04 受付)

連絡先 : 井上 敏生 〒819-8511 福岡県福岡市西区石丸 3-2-1 白十字病院
TEL 092-891-2511 FAX 092-881-4491
E-mail tosinoue@hakujyujikai.or.jp



図 1. 症例 1. 右第 2 中足骨頭の肥大, 扁平化, 骨透亮像と周囲の硬化像が見られた (矢印)

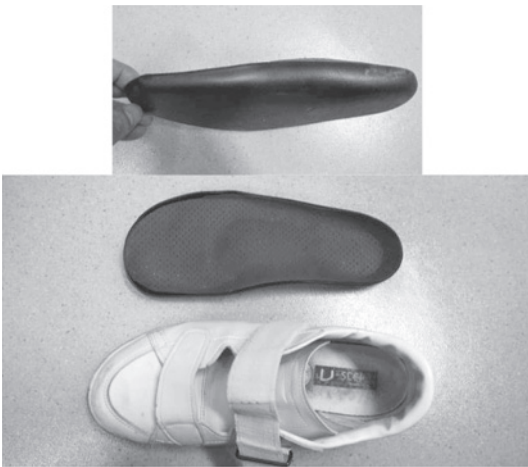


図 2. 症例 1. 使用した硬性足底装具とそれに合う靴

症 例

症例 1: 16 歳, 男性. スポーツは中学で野球, 高校からソフトボールをしている. 数年前から誘因なく右足の疼痛があった. 足の打撲で前医を受診したとき, X 線で右第 2 中足骨頭の病変を認め, Freiberg 病の診断で当科へ紹介となった. 右第 2 趾 MTP 関節の腫脹, 圧痛, 背屈での疼痛があったが, 初診時はソフトボール活動には支障はなかった. X 線で, 右第 2 中足骨頭の肥大, 扁平化, 骨透亮像と周囲の硬化像が見られた. (図 1) Smillie 分類²⁾ stage 2 (または 3) と判断した. CT および MRI では, 中足骨頭背側に限局した病変が見られた. 保存的治療として, ポリエチレン製の硬性足



図 3. 症例 1. 治療後 1 年時の X 線. 骨透亮像は改善し, 骨頭の扁平化は残るものの, 変形の進行は見られていない.



図 4. 症例 2. X 線. 左第 2 中足骨頭の骨透亮像と周囲の硬化像, および軽度の扁平化を認めた (矢印).

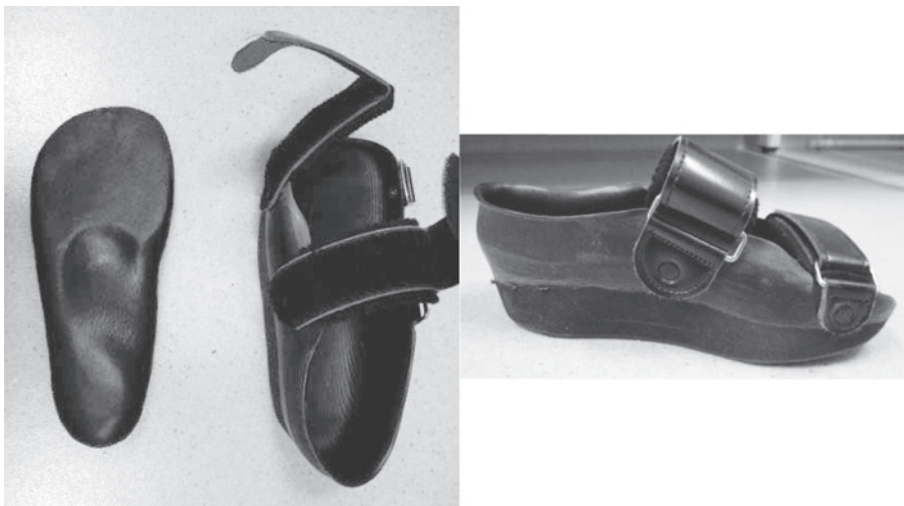


図 5. 症例 2. 使用した硬性装具



図 6. 症例 2. 1 年後の X 線. 骨透亮像は修復し, 骨頭変形はほとんど進行しなかった.

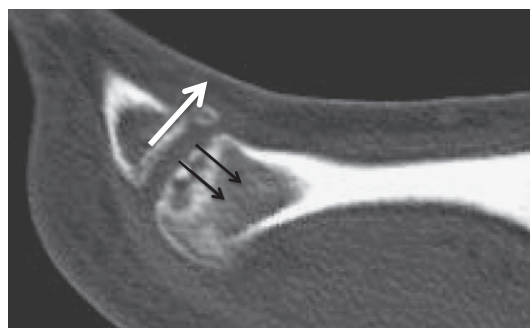


図 7. Freiberg 病は中足骨頭への繰り返すストレスが原因のひとつと考えられる. MTP 関節の背屈 (⇔) → 骨頭へのストレス (→)

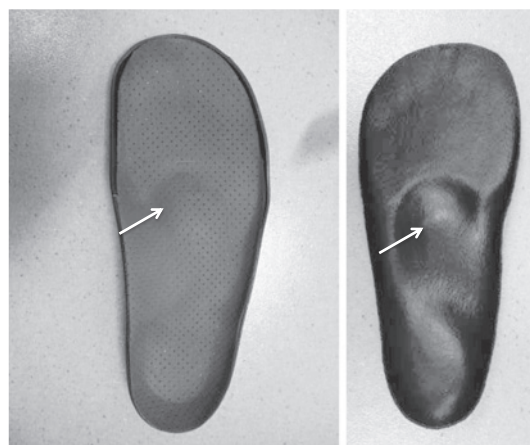


図 8. 中足骨パッド (矢印)

底装具を作成し, 軟性スポンジ製の中足骨パッドを敷き, それに合う靴を作成した. (図 2) 7 ヶ月間装具を着用した. 経過は, 2 ヶ月で圧痛が消失し, 7 ヶ月で背屈時痛が消失した. 治療開始後 1 年では,

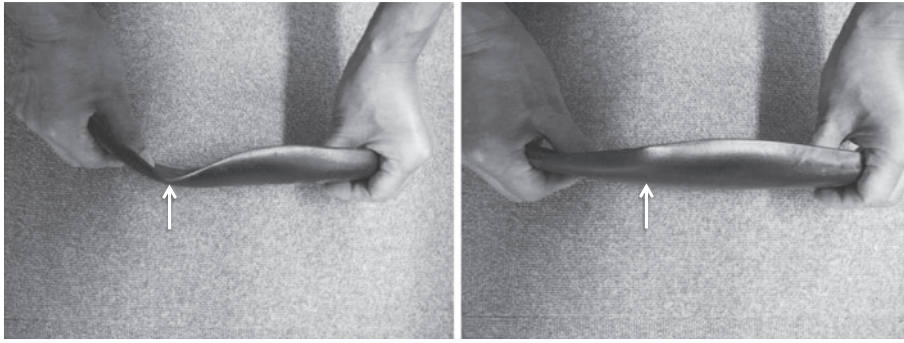


図9. 使用した装具の特徴. MTP関節の内外側の壁(矢印)の高度が低いとMTP関節部で曲がるため、高度を高くすることで十分な制動を得た。

ソフトボールで疼痛が時々あるが、体育では疼痛はなく、背屈制限も改善している。1年後のX線では、骨透亮像は改善し、骨頭の扁平化は残るものの、変形の進行は見られていない。(図3)

症例2: 14歳、女性。スポーツはバドミントン。駅伝を走ってから左足部痛が出現し、他医で疲労骨折の診断でアーチサポート付きの足底板を作成し装着していた。その後X線で左第2中足骨頭の扁平化と骨透亮像が出現してきたため、当科に紹介となった。初診時左第2中足骨頭部の圧痛とMTP関節の可動域制限を認めた。X線では、骨透亮像と周囲の硬化像、および軽度の扁平化を認めた。(図4)MRIでは骨端線より遠位に広範囲に信号変化が見られた。Smillie分類 stage 2と判断した。骨頭変形の進行を防ぐため、ポリエチレン製の硬性装具を作成した。歩きやすいように硬質スポンジでロッカーバーをつけ、中敷きに中足骨パッドをつけ、第2中足骨頭の免荷を行うようにした。(図5)装具を5ヶ月間装着し、X線、MRIで修復が見られたため、装具を終了し、その2ヶ月後運動を許可した。治療開始後1年時は、長距離歩行で痛むことがあるが、運動時痛はほぼ消失した。X線は、治療開始後骨頭が膨らみ、1年後にも骨頭変形はほとんど進行しなかった。(図6)

考 察

Freiberg病ははっきりした原因は不明だが、中足骨頭への繰り返すストレスが骨頭変形の進行の要因と推察される。(図7)そのため保存的治療の目的は、骨頭にかかるストレスや圧を減らし、骨頭が修復されるまでの間、変形を最小限にすることである。

装具は、MTP関節の背屈制限のために硬性足底装具とし、中足骨頭の免荷のために中足骨パッドをつけた。(図8)ポリエチレン製の足底装具では、MTP関節の内外側の壁の高度が低いとMTP関節部で曲がるため、高度を高くすることで十分な制動を得た。(図9)

結 語

Freiberg病の2例に、硬性の足底装具を作成し、症状の軽快と骨頭変形の進行防止を得た。MTP関節の背屈制動と罹患中足骨頭の免荷を意図して装具を作成した。

文 献

- 1) Freiberg AH. Infarction of the second metatarsal bone. Surg Gynecol Obstet 1914; 19: 191-3.
- 2) Smillie IS. Freiberg's infarction (Köhler's second disease). J Bone Joint Surg Br 1957; 39: 580.

中足骨頭底部痛に対する足底板の効果

The effect of custom made insoles against metatarsalgia

¹⁾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

²⁾永生病院整形外科

¹⁾Fuss und Schuh Institut, VAN SAN-SHO. INC.

²⁾Eisei Hospital

遠藤 拓¹⁾, 赤木 家康²⁾, 片桐 透¹⁾, 橋本健太郎¹⁾, 齋藤 裕貴¹⁾
Hiraku Endoh¹⁾, Ieyasu Akagi²⁾, Tohru Katagiri¹⁾, Kentaro Hashimoto¹⁾, Hiroki Saitoh¹⁾

Key words : 足底板(custom made insoles), 中足骨頭痛(metatarsalgia), メタターサルサポート(metatarsal support), 第2・3中足骨頭部除圧(metatarsal decompression), CAD/CAM インソールシステム(CAD/CAM insoles system)

要 旨

第2・3中足骨頭底部痛を有し医師により開張足と診断された10名に対し立位足底形状そのままから製作した均一硬度のCAD/CAM インソール, 立位足底形状に同硬度のメタターサルサポート(以下MS)を付加したもの, さらにMSおよび第2・3中足骨頭部に窪みをつけ除圧を施した形状のもの計3種にてそれぞれ歩行した足底圧力分布を比較検討した. 第2・3中足骨頭底部の接触圧力は立位足底形状板に対しMS付加の足底板では有意に減少した. またMS付加の足底板に対しMSおよび第2・3中足骨頭底部除圧の足底板の使用により同部位の接触圧力が有意に減少した. これはMSにより第2・3中足骨頭底部の圧力が分散され, さらに第2・3中足骨頭部下を窪ませる形状により第2・3中足骨頭底部が免荷され有用であることが示唆された.

目 的

2000年4月より足の愁訴を有し, コンサルトを希望し来店した患者に対して, 医師による足と靴の診察を定期的に行い, 愁訴に応じた足底挿板ならびに靴型装具を製作している¹⁾. 今回我々は近年患者からの訴えが最も多い横軸扁平足ならびに開張足などにより歩行時の踏み返し時の第2・3中足骨頭底部痛に着目した²⁾³⁾. その疼痛への対症療法であるメタターサルサポート(図1)および第2・3中足骨頭底部除圧(図2)を行っており⁴⁾, 歩行時の第2・3中足骨頭底部に対する免荷の効果を検証したので報告する.

対象および方法

第2・3中足骨頭底部痛を有し, 医師によりフットプリントにて第1中足骨内側部および第5中足骨外側部延長線上の交差角(M1M5角)が30度以上の開張足と診断された10名(男性5名, 女性5名, 平均年齢38.3歳)の20足を対象とした. 足底板形状の統一性を持たせ, また足部と足底板の不必要な剪断力を予防するためCAD/CAM インソールシステムを採用し, 膨張ゴム(スポンジなど)の

(2011/11/02 受付)

連絡先: 遠藤 拓 〒111-0043 東京都台東区駒形1-7-11 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

試験方法に関する規格であるショア硬度で25度のエチレン系炭化水素を重合して作られた熱可塑性樹脂発泡体(EVA)のブロックからCAD/CAMで立位足底の形状(図3)に製作した立位足底形状板と、立位足底形状に対し第2・3中足骨頭部近位

を7mmの頂点とするメタターサルサポート(metatarsal support 以下MS)(図4)を付加した足底板,そしてMSおよび第2・3中足骨頭部下に深さ2mmの窪み(metatarsal negative 以下MN)を付加した中足骨頭底部除圧(以下MSMN)(図5)の足底板の計3種を各被検者に製作し、各種足底板をニュートラルシューズ(図6)に挿入し、それぞれF-スキャンを用いて自由速度にて歩行した。計測した足底圧力分布について2から6歩目のピーク圧力分布の平均における第2・3中足骨頭部を覆う範囲の接触圧力(図7)を比較し検討した。統計的有意性は対応のあるt検定を用いて検証した。

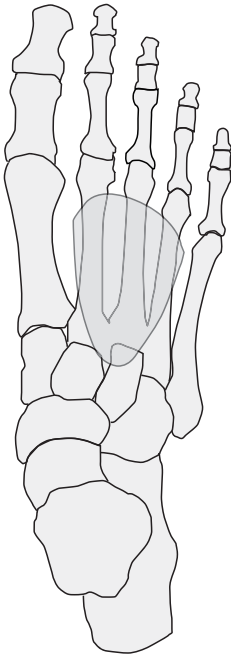


図1. メタターサルサポート

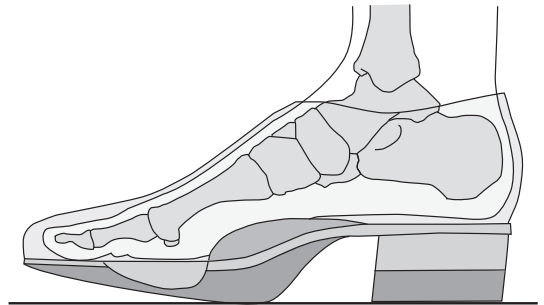


図2. ロッカーソール

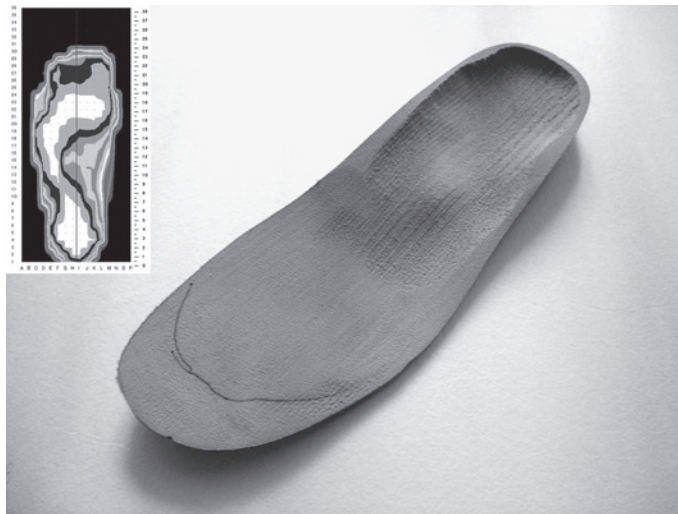


図3. 立位足底形状板

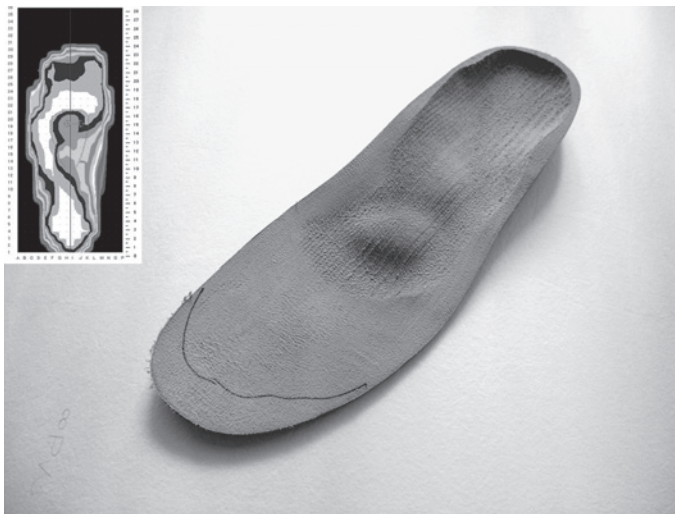


図 4. メタターサルサポート付加足底板

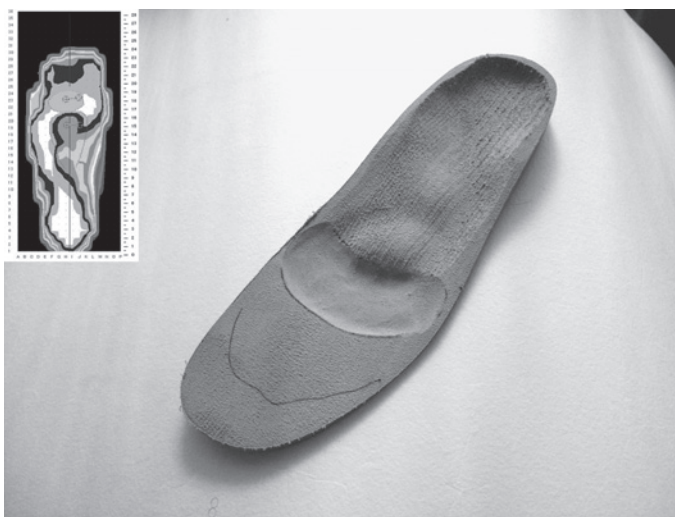


図 5. メタターサルサポートおよび第2・3中足骨頭底部除庄

結 果

結果を図8に記す。第2・3中足骨頭部を覆う範囲の接触圧力についてMS足底板は立位足底形状板に対し $1883.65 \pm 549.17 \text{ g/cm}^3$ から $1621.30 \pm 444.04 \text{ g/cm}^3$ に減少しp値も1%以下と有意であった。MSMN足底板は立位足底形状板に対し $1883.65 \pm 549.17 \text{ g/cm}^3$ から $1460.85 \pm 324.63 \text{ g/cm}^3$ の減少とこちらはp値0.1%以下の有意差が認められた。また、

MSMN足底板はMS足底板に対し $1621.30 \pm 444.04 \text{ g/cm}^3$ から $1460.85 \pm 324.63 \text{ g/cm}^3$ とp値1%以下の有意な減少がみられた。

考 察

第2・3中足骨頭底部痛の患者に対し立位足底の形状からメタターサルサポートおよび第2・3中足骨頭底部下に3mmの窪みを付加した足底板を適用することにより歩行時における第2・3中足骨頭底

部の接触圧力が減少した。これは第2・3中足骨頭底部の圧力をMSが分散させ、第2・3中足骨頭底部下に窪みを与えることで荷重が軽減し第2・3中足骨頭底部の免荷に有用であることが確認された。また、第2・3中足骨下のMSが同部位を支持し横軸アーチの扁平を防ぐことが示唆される。Baumgartnerらは足底免荷のための足底板形状について足底に対し単なる緩衝材を敷くことより足底形状の足底板を使用したほうが有用であり、さらに足底形状から凹凸をつけて製作した足底板の

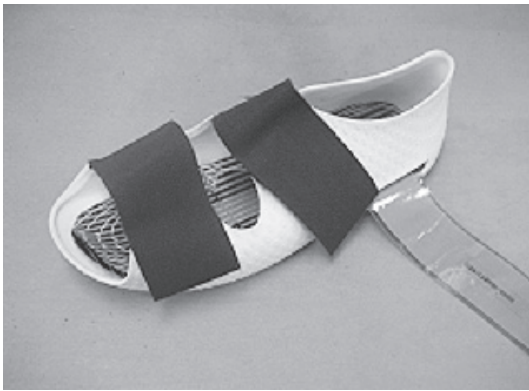


図6. ニュートラルシューズ

ほうが均等の圧につながると述べている⁴⁾。ただし、第2・3中足骨頭底部痛の患者に対し同部位免荷の足底板を足底形状から凹凸をつけて製作した場合、足底板の前足部に厚みが出てしまい、歩行時の踏み返し期に靴の甲革が第2・3中足骨頭底部足背に圧迫を与え中足骨頭を押し下げてしまうことで第2・3中足骨頭底部の負荷を軽減できず、疼痛が残る例も見受けられる⁵⁾。つまり第2・3中足骨頭底部痛の患者に対し足底板を適用する際には足底板の挿入を考慮して設計された深底靴が必要になる。足底板の挿入が困難な市販靴の場合は蝶型ロッカーソール(図9)の付加が考えられ、また足底板の効果が不十分な場合は蝶型ロッカーソールの付加の併用もしくは靴型装具の適用も検討しなければならない。

結 論

第2・3中足骨頭底部痛で開張足と診断された被検者にメタターサルサポートおよび第2・3中足骨頭部下の除圧を行うことで第2・3骨頭部の接触圧力を低下させる効果が確認された。

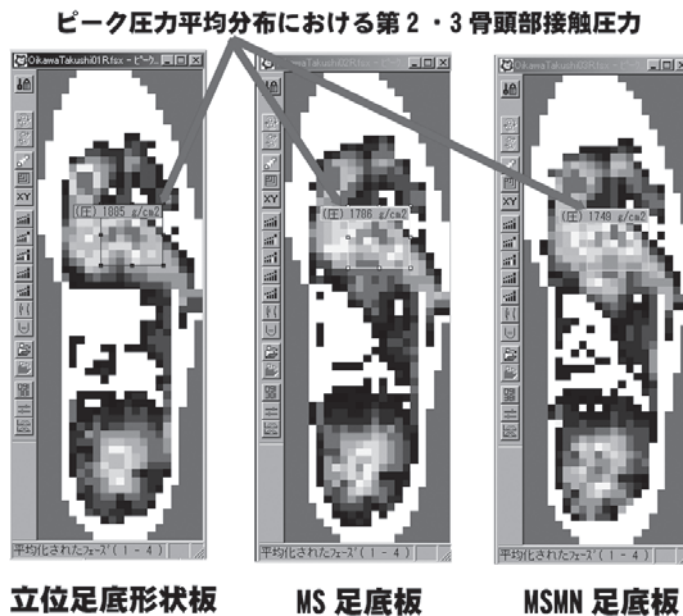


図7. 第2・3中足骨頭底部におけるFスキャン接触圧力比較

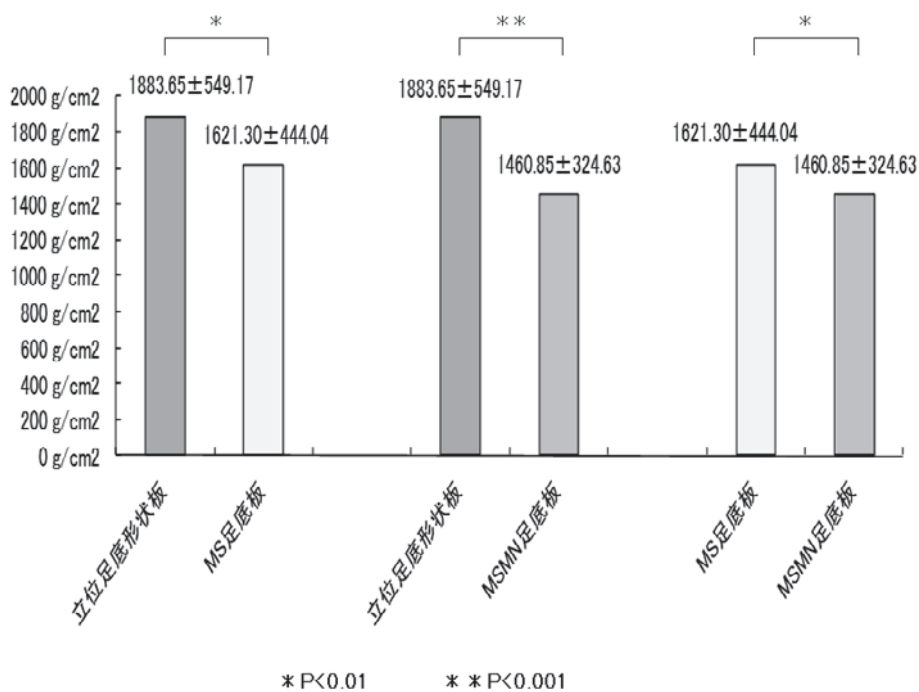


図 8

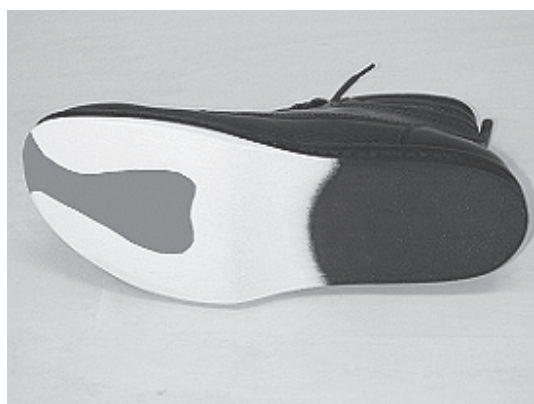


図 9. 蝶型ロッカーソール

文 献

- 1) 赤木家康他. 医師・義肢装具士・ドイツ人シューマイスターによる足と靴のクリニックの試み. 靴の医学 2001;15:33.
- 2) 寺本 司. 前足部有痛性疾患の診断と治療 中足骨骨頭部痛. Mon Book Orthop 1999;12 (6):31-6.
- 3) Kunze B, et al. Der Orthopaede. Ed. Germany Springer 2011; 40 (5):399-402, 404-6.
- 4) Baumgartner R, et al. Orthopaedie-Schuhtechnik. Ed. Germany Maurer; 2011. 38-40.
- 5) バウムガルトナー他. 足と靴その整形外科的処置法. フスウントシューインシュティテュート; 2001. 153-6.

運動負荷増強を目的としたトレーニングシューズの開発—第1報—

Development of training shoes aimed to increase the exercise load—1st report—

¹⁾社会医療法人里仁会興生総合病院リハビリテーション科

²⁾県立広島大学保健福祉学部理学療法学科

¹⁾Department of Rehabilitation, Kousei General Hospital

²⁾Department of Physical Therapy, Hiroshima Prefectural University

島田 雅史¹⁾, 長谷川正哉²⁾, 金井 秀作²⁾,

沖 貞明²⁾, 田坂 厚志¹⁾, 大塚 彰²⁾

Masashi Shimada¹⁾, Masaki Hasegawa²⁾, Shusaku Kanai²⁾,

Sadaaki Oki²⁾, Atsushi Tasaka¹⁾, Akira Otsuka²⁾

Key words : ロッカーソール靴 (Rocker Sole Shoe), 運動負荷 (Exercise Load), 筋電図解析 (Electromyographic analysis), 歩行分析 (Gait analysis)

要 旨

健康成人男性 12 名に対し対象靴と、ロッカーソール靴 (RS) 及びインソール部にパッドを配した 3 種類の試作靴着用下での平地歩行を実施。動作表面筋電計による解析を行い、介入位置の違いが歩行時の筋活動に与える影響について検討した。結果、前脛骨筋及び腓腹筋内側頭において、筋活動量はパッドを後足部に配した試作靴 1, 中足部に配した試作靴 2 と比較して前足部に配した試作靴 3 で有意に増加した。このことから介入位置をより前足部に設置することで足底接地後の足底圧軌跡の前方移動が困難となり、下腿後傾制御のため前脛骨筋の活動量が増加したと考える。さらにボールガース部通過後の push off の際にパッドを踏み

込むようにして腓腹筋の筋活動が増大した可能性が示唆された。

緒 言

健康増進に対する関心が高まる中、ウォーキングはその手軽な方法として多くの人々に実践されている。また厚生労働省は生活習慣病予防における身体活動量や運動量、及び体力の基準値を定め、これらをもとにウォーキングにおける目標に 1 日 1 万歩を挙げている。

しかしながら実際の生活の中でこの目標を達成することは困難であることが多く、近年ではより短時間で運動効果を上げるために、トレーニングデバイスとしての「履物」の開発やその評価を目的とした研究が散見される。阿倍ら¹⁾は踵部に熱可塑性ポリウレタン製のパーツを設置したフットベッド構造を有するサンダル着用下での歩行において、大臀筋・外側広筋・前脛骨筋の筋活動量が増大したことを報告している。

また近年注目されているロッカーソール靴

(2011/11/01 受付)

連絡先: 島田 雅史 〒723-8686 広島県三原市円一町
2-5-1 社会医療法人里仁会興生総合病院リハビリ
テーション科
TEL 0848-63-5500 FAX 0848-62-0600
E-mail ma.sea.0224@gmail.com



図 1. Control Shoe



図 2. Active Rolling System (ARS)

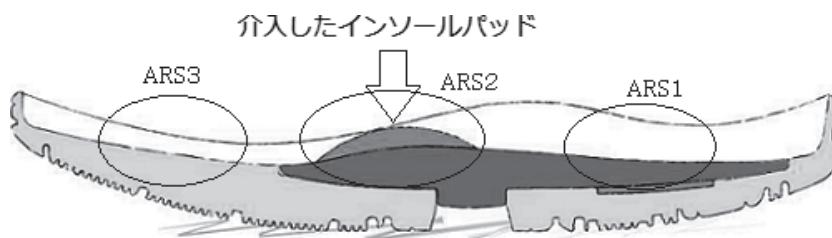


図 3. ARS におけるパッドの介入位置

(Rocker sole shoe ; RS) についてはその形状における特徴から、ギプス固定歩行における踵接地時のヒールロッカー機能の代償による歩容改善効果²⁾や、前足部圧力軽減による前傾姿勢改善効果³⁾といった治療用具としての有効性が報告されている。さらに Nigg ら⁴⁾は RS 着用下での歩行で腓腹筋筋活動量が増加傾向を示したと報告、Jing ら⁵⁾も RS 歩行時では一般的な運動靴と比較して前脛骨筋や腓腹筋、大腿二頭筋で筋活動量が増大したとし、RS 歩行における運動負荷増強効果が示唆されている。

今回我々は RS に注目し、運動負荷の増減を可能とするトレーニングシューズの開発を目的とし、特にインソールへの介入パッド位置が歩行時筋活動に与える影響について動作筋電図を用いて検討した。

対象と方法

1. 対象

下肢に愁訴のない健常成人男性 12 名(年齢 20.5 ± 0.5 歳, 身長 170.4 ± 5.2 cm, 体重 62.8 ± 7.1 kg, 足長 26.5 ± 0.5 cm ; 平均 $\pm$ 標準偏差)を対象とした。な

お対象者全員に対し研究内容の説明を行い、実験参加への同意を得た。

2. 靴条件

実験には対象靴 (Control Shoe ; CS) と、RS のインソール部に半球形ポリウレタン製の介入パッドを配した 3 種類の試作靴を用いた。CS は一般的な形状 (図 1) のものとし、試作靴には広島化成社製 RS である Active Rolling System (ARS, 図 2) を使用、パッドを後足部に設置した試作靴を ARS1, 中足部に設置した試作靴を ARS2, 前足部に当たるボールガース部に設置した試作靴を ARS3 (図 3) とした。本研究で使用した製品にはいずれも広島化成社製のものを採用し、アッパー条件、パッド条件、素材は統一した。

3. 計測と解析

運動課題は前述した 4 種類の靴着用下での平地歩行とし、被験者には廊下に設置した 25m の歩行路 1 往復を一定の速度で歩行させた。歩行速度の設定にはメトロノームを使用し、歩行率を 116 歩/分と統一した。歩行時の各筋における筋活動電位の導出には動作表面筋電計 (Noraxon 社製マイオ

表 1. 各条件における筋活動量変化量

対象筋	靴条件 (平均値±標準偏差, 単位 %)			有意差
	ARS1	ARS2	ARS3	
脊柱起立筋	99.8 ± 24.5	95.7 ± 30.0	112.0 ± 31.9	n.s
大臀筋	94.8 ± 44.4	111.7 ± 36.7	102.2 ± 61.7	n.s
半腱様筋	91.3 ± 38.5	87.1 ± 30.7	95.9 ± 52.8	n.s
大腿直筋	93.1 ± 44.8	89.5 ± 39.3	85.5 ± 37.1	n.s
前脛骨筋	83.3 ± 14.4 *	87.8 ± 18.3	102.1 ± 21.0 *	* $p < 0.05$
腓腹筋内側頭	87.9 ± 23.7 #	93.4 ± 19.8	111.2 ± 23.1 #	# $p < 0.05$
腓腹筋外側頭	72.4 ± 37.2	91.2 ± 38.6	96.8 ± 68.7	n.s

システム, サンプル周波数 1kHz)を使用し, 対象筋は左脊柱起立筋, 及び右側大臀筋, 半腱様筋, 大腿直筋, 前脛骨筋, 腓腹筋内側頭, 外側頭の計 7 筋とした.

各運動課題において得られた筋電図波形データは表面筋電図解析ソフト (Noraxon 社製 MyoResearch XP)を用いて解析を実施した. 各筋より導出した生波形を全波整流後, RMS 処理を実施, ARS1, ARS2, ARS3 各条件における筋活動量を CS における筋活動量で除した値で正規化した. なお同一被験者において各施行を 3 回実施し, 結果にはその中央値を採用した.

4. 統計処理

各条件の比較には Kruskal-Wallis 検定, 及び Steel-Dwass による多重比較を行った. なお統計学的有意水準を 5% とした.

結 果

CS 歩行時の筋活動量に対する各条件における筋活動量の変化量は表 1 の通りである. 前脛骨筋及び腓腹筋内側頭を除く 5 筋では筋活動量変化量に有意差を認めなかった.

一方前脛骨筋では ARS1, ARS2 と比較して ARS3 で筋活動量が増大, ARS1 と ARS3 との間で統計学的有意差を認めた ($p < 0.05$). さらに腓腹筋内側頭においても同様の傾向を示し, 介入位置がインソール前方に位置するほど筋活動量が増大, ARS1 に対して ARS3 で筋活動量は有意に増加した ($p < 0.05$).

考 察

本研究結果より, 前足部にパッドを設置した ARS3 において ARS1, 2 と比較して前脛骨筋筋活動量の増大が認められた. RS 歩行では踵接地期に足関節背屈角度が CS 歩行と比較して増大する^{6) 7)}との報告がある. 本研究においても RS では中央部に厚みを有する底形状から, 踵接地期から立脚中期において前足部が高くなることが予想される. さらに ARS3 では前足部に配したパッドによりその傾向が強調される. 阿部らは中空トラス構造を有する新パーツを踵部に組み込んだサンダル着用下での歩行において, 踵接地期に踵が沈み込むことで足関節背屈角度が増大し, 後方転倒予防のために前脛骨筋によって足関節のぐらつきを抑制した¹⁾と考察している. 我々の実験では踵接地期の足関節角度の計測は実施していないが, 前述した ARS3 の形状における特徴から, 踵接地期において床面に対して下腿後傾方向へのモーメントが発生し, その抑制のために前脛骨筋の遠心性収縮による活動が高まったのではないかと考える.

さらにパッドが前足部に位置することから, 立脚中期以降において足底圧の前方移動が抑制される. これに対して下腿の前傾及び足底圧の前方移動に前脛骨筋が寄与している. そのため ARS3 において踵接地期から踵離地期にかけて前脛骨筋の筋活動が高まったものと考えられる.

前脛骨筋同様, 腓腹筋内側頭においても, ARS1, 2 と比較してより ARS3 で筋活動量の増大が認めら

れた。一般に歩行時における立脚相後半では中足骨頭部がフォアフットロッカーとして下方への荷重を前方方向への動きに変換している⁸⁾。これに対し ARS3 ではパッドが足底圧前方移動を抑制するため、爪先離地期においてよりフォアフットロッカーを強調するために腓腹筋筋活動量が増大したと考える。

一方今回、腓腹筋における筋活動量の変化では内側頭のみで有意差を認めた。内側頭と外側頭で活動量変化に差が生じた理由として、歩行時の足底圧中心 (COP) 軌跡が関与しているのではないかと考える。COP 軌跡は荷重中心位置を表しているが、一致した見解は得られていない。桜井らは健常成人女性 75 名における平均的な COP 軌跡は踵接地後外側に移動し、その後母趾球へ向かうものであった⁹⁾とし、また金井らは健常成人女性 8 名に対して裸足、運動靴、ハイヒール、及び下駄装着による歩行時の COP 軌跡を測定しており、靴が COP 軌跡に影響を与えることを報告している¹⁰⁾。同様に本研究で使用した ARS3 では、パッドを前足部全体で踏み込むようにして歩行することで、COP 足底圧軌跡が外側に偏移しやすく、これに対して腓腹筋内側頭の活動による抑制が生じた結果ではないかと推測する。

結 語

RS 靴に着目し運動負荷増強を目的としたインソールへの介入を実施、動作表面筋電図による歩行解析を実施した。結果、起立筋や股関節・大腿部に位置する筋群では有意差を認めなかったが、パッドをより前足部に配することで前脛骨筋、腓腹筋内側頭の筋活動量に有意な変化を認めた。このこ

とからインソールへの介入位置を変化させることで特定の筋群に対し運動負荷の増大が図れる可能性が示唆された。今後は試作した靴の運動療法学具としての可能性の検討と、三次元動作解析や足底圧計測等による更なる動態解析の実施を展開し、検証していきたい。

文 献

- 1) 阿部 薫, 江原義弘, 小松聡子他. 運動負荷増強機能を有するパーツを内蔵したサンダルの開発とその効果. 靴の医学 2010; 24 (2): 55-61.
- 2) 長谷川正哉, 金井秀作, 坂口 顕他. 舟底型ソール靴が足関節ギプス固定中の歩容に与える影響. 靴の医学 2005; 19 (2): 41-5.
- 3) 遠藤 拓, 赤木家康, 上村悦史他. 前傾姿勢に対するロッカーソールの有用性の検証. 靴の医学 2008; 22 (2): 27-32.
- 4) Nigg B, Hintzen S, Ferber R. Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics. Clinical Biomechanics 2006; 21: 82-8.
- 5) Li JX, Hong Y. Kinematic and Electromyographic Analysis of the Trunk and Lower Limbs During Walking in Negative-Heeled Shoes. J Am Podiatr Med Assoc 2007; 97 (6): 447-56.
- 6) Romkes J, Rudmann C, Brunner R. Changes in gait and EMG when walking with the Masai Barefoot Technique. Clinical Biomechanics 2006; 21: 75-81.
- 7) Roberts S, Birch I, Otter S. Comparison of ankle and subtalar joint complex range of motion during barefoot walking and walking in Masai Barefoot Technology sandals. Journal of Foot and Ankle Research 2011; 4: 1-4.
- 8) Goetz-Neumann K. 観察による歩行分析. 第 1 版. 東京: 医学書院; 2006. 111-5.
- 9) 桜井進一, 坂本雅昭, 中澤理恵他. 健常成人女性の歩行分析—足圧中心軌跡による分類法の検討—. 理学療法科学 2007; 22 (2): 209-13.
- 10) 金井秀作, 大塚 彰, 沖 貞明他. 下駄を用いた足部内在筋強化の可能性. 靴の医学 2003; 17 (2): 5-8.

浮き趾者における足底挿板の有用性の検討

Study of utility of insole in floating toes

¹⁾新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

²⁾株式会社東北補装具製作所

³⁾福島医科大学 医学部 整形外科

¹⁾Graduate School of Health and Welfare, Niigata University of Health and Welfare

²⁾Touhoku Prosthetic and Orthotic CO., LTD

³⁾Department of Orthopaedic Surgery, Fukushima Medical University, School of Medicine

阿部 真典¹⁾²⁾, 阿部 薫¹⁾, 菊地 義浩²⁾, 大内 一夫³⁾

Masanori Abe¹⁾²⁾, Kaoru Abe¹⁾, Yoshihiro Kikuchi²⁾, Kazuo Ouchi³⁾

Key words : 浮き趾 (floating toes), 足底挿板 (insole), 足底圧 (plantar pressure), HFA (heel-floor angle), 歩行 (gait)

要 旨

浮き趾に対する保存療法として、足底挿板の有用性の検討を行った。

足部疾患がなく浮き趾を呈する中学生、女子 17 名を対象とした。第 4・5 趾に浮き趾が確認され、ローアーチ群 9 名、ハイアーチ群 8 名の 2 群に分類した。学校指定の上履き靴の中に足底挿板を挿入し、その効果の検討を行った。その結果、静止立位では両群共に浮き趾が改善し、ローアーチ群では踵骨外反の減少が見られた。また歩行時は両群共に足趾荷重量と歩行速度、歩幅が有意に増加した。以上のことから浮き趾者に足底挿板を挿入することにより、足趾荷重が増加し浮き趾を改善させ、歩行運動を向上させることが示唆された。

緒 言

足趾は感覚器および効果器であり、姿勢保持および動作時の安定性の確保に重要な役割を果たしている^{1) 2)}。

近年、立位時や歩行中に足趾が地面に接地しない浮き趾 (図 1) が増加傾向にあると言われている³⁾。浮き趾は年齢・性別にかかわらず発生し、運動能力を低下させ怪我の発生や足の疾患にもつながる可能性が示唆されている。これまでその発生原因、身体機能、評価方法、治療方法などについて報告がある^{3)~5)}。しかし、浮き趾を改善させるためには足趾屈筋腱にアプローチする足底挿板が有用と考えられるが、その研究報告は少ない。そこで浮き趾者における足底挿板の有用性を検討することを目的とした。

対象と方法

(1) 対象

足部疾患がなく浮き趾を呈する中学生、女子 17 名 34 足 (14 ± 0.6 歳, 体重 46.2 ± 3.2kg, 足長 24cm ± 0.8cm) を対象とした。

(2011/11/08 受付)

連絡先: 阿部 真典 〒960-8153 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 靴人間科学研究室
TEL・FAX 025-257-4525
E-mail ham10002@nuhw.ac.jp

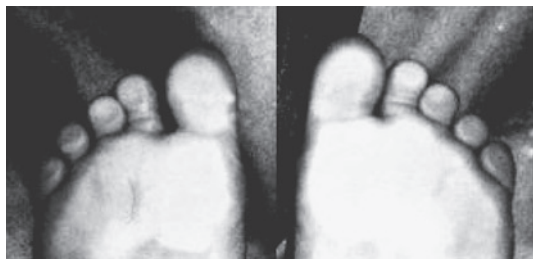


図 1. 浮き趾

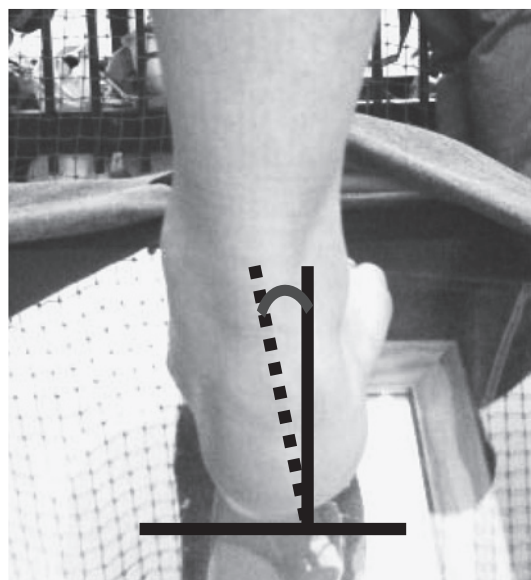


図 2. Heel Floor Angle (HFA)

(2) 方法

1) 静止立位

ピドスコープを用い、裸足で10cm 平行開脚位により直立させ、2m 前方の目の高さの目標点を注視させた状態で、足底と下腿後面をデジタルカメラにて撮影した。

ピドスコープの画像から左右10本の足趾に対し矢作ら⁵⁾の方法を用いて、足趾が鮮明に写っているものを接地点数2点、不鮮明なものを1点、全く写っていないものを0点とし20点満点としてスコアを求めた。点数が10点以下のもの、および11点以上であっても1趾でも0点の趾があるものを浮き趾とした。

また、アーチ高率⁶⁾とHeel Floor Angle(以下HFA)



図 3. 浮き趾の分類
(左：ローアーチ群 右：ハイアーチ群)

表 1. 浮き趾の分類

	ローアーチ群	ハイアーチ群
アーチ高率	11% 以下	15% 以上
HFA	5° 以上	5° 未満

を測定した。HFAは藤井ら⁷⁾の方法を用いて、踵骨隆起と踵骨中心を結んだ線と床からの垂線のなす角をHFAとした。(図2)

アーチ高率11%以下でHFA5°以上の者をローアーチ群、アーチ高率15%以上でHFA5°未満の者をハイアーチ群とした。(表1, 図3)

2) 歩行分析

両群において学校指定の内履き靴を用いて、足底挿板あり、足底挿板なしの2条件により測定した。

足趾荷重量を足底圧分布測定システムF-SCAN Version 5.23(ニッタ株式会社)を用いて測定した。また、10m自由歩行時の歩幅と歩行速度を測定した。

3) 統計分析

マンホイットニー順位和検定(Mann-Whitney U-test)を用いた。

表2. 静止立位結果（内側縦アーチパッド高）

	6mm	8mm	10mm
浮き趾スコア	ns	$P < 0.05$	$P < 0.01$
HFA	ns	$P < 0.05$	$P < 0.01$

表3. 静止立位結果（横アーチパッド高）

	3mm	5mm	7mm
浮き趾スコア	ns	$P < 0.01$	$P < 0.01$

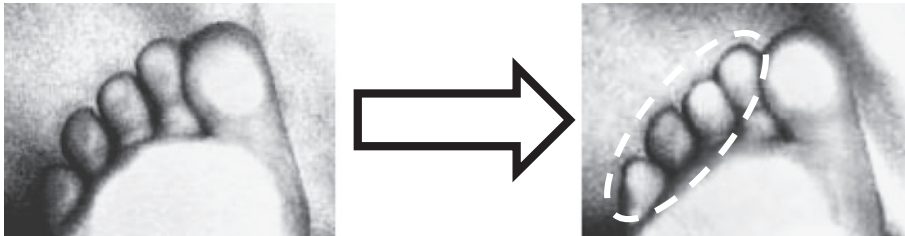


図4. アーチパッドによる足趾接地の変化

4) 足底挿板の設定

座位にてトリッシュムを用い採型を行った。使用材料は上面材 PPT シート 1.5mm 厚, 中底材ベルコツェル 3mm 厚, 底材 EVA コルクを使用した。足底挿板は内側縦アーチ, 横アーチ, 外側縦アーチに陽性モデル修正を加え, 吸引成型法にて製作した。

なお, これら 3 アーチの高さの決定については, 各種アーチパッドを足底部に貼付して, 浮き趾の消失をビドスコープ上で確認されたパッドの高さを陽性モデル修正に反映させた。

ローアーチ群は EVA で製作した 6・8・10mm の内側縦アーチパッドを, またハイアーチ群には EVA で製作した 3・5・7mm の横アーチパッドを用いた。

なお, 内側縦アーチと横アーチが浮き趾に及ぼす影響を検討するため, 外側縦アーチ高は 3mm で固定した。

5) 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 17270 号）を得て行われた。

結 果

(1) 静止立位

第 4・5 趾に浮き趾が観察された。

アーチ高率と HFA からローアーチ群 9 名, ハイアーチ群 8 名に分類した。ローアーチ群は 8mm の内側縦アーチパッドで 5 名, 10mm では全例において浮き趾が消失し, 有意に浮き趾スコアの増加と HFA の減少が観察された。ハイアーチ群では 5 および 7mm の横アーチパッドで全例において浮き趾が消失し, 有意に浮き趾スコアの増加が認められた。これらから足底挿板は内側縦アーチパッド高を 10mm とし, 横アーチパッド高は 5mm で足底挿板を製作した。（表 2, 3, 図 4）

(2) 歩行分析

1) 荷重量（F-SCAN）

両群において足底挿板なしで第 4・5 趾どちらも歩行時に足趾の接地が認められた。しかし足趾荷重量は足底挿板ありでは足底挿板なしに比較し, 全ての趾で有意（ $P < 0.01$ ）に荷重量が増加した。（表 4, 5）

2) 歩行速度と歩幅

両群において足底挿板ありでは足底挿板なしに比較し, 歩行速度（ $P < 0.05$ ）と歩幅（ $P < 0.01$ ）が有意に増加した。（表 6）

考 察

足底挿板の装着により浮き趾が消失し, 足趾荷重量が増加して, 歩行速度と歩幅が増加すること

表 4. 右足の荷重量 (kg)

	足底挿板なし	足底挿板あり	有意差
第 1 趾	6.6 ± 2.5	7.8 ± 2.3	P < 0.01
第 2 趾	1.4 ± 0.4	1.7 ± 0.5	P < 0.01
第 3 趾	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.5	P < 0.01
第 4 趾	0.8 ± 0.3	1.2 ± 0.4	P < 0.01
第 5 趾	0.7 ± 0.3	1.0 ± 0.3	P < 0.01

表 5. 左足の荷重量 (kg)

	足底挿板なし	足底挿板あり	有意差
第 1 趾	5.6 ± 1.3	7.1 ± 1.6	P < 0.01
第 2 趾	1.2 ± 0.4	1.6 ± 0.4	P < 0.01
第 3 趾	1.1 ± 0.4	1.5 ± 0.6	P < 0.01
第 4 趾	0.9 ± 0.4	1.3 ± 0.5	P < 0.01
第 5 趾	0.8 ± 0.4	1.3 ± 0.4	P < 0.01

表 6. 歩行分析結果

	足底挿板なし	足底挿板あり	有意差
歩行速度 (km/h)	3.7 ± 0.4	3.9 ± 0.4	P < 0.05
歩幅 (m)	0.61 ± 0.07	0.66 ± 0.07	P < 0.01

が認められた。先行研究⁸⁾で浮き趾者は足趾荷重量、足底圧軌跡長が小さく、歩行中の重心の前方移動が困難であることが報告されている。今回の結果から浮き趾者が足底挿板を使用することによって浮き趾が消失し足趾荷重量を増加させ、重心の前方移動を補助し歩行能力を向上させることが示唆された。

浮き趾が消失した理由として、ローアーチ群では内側縦アーチパッドが踵骨外反および足部回内を軽減させ、アライメントが回復されたことにより、足趾屈・伸腱が適正な張力となったためと考えられた。またハイアーチ群では横アーチパッドによって横アーチが上昇し、足趾屈筋腱に適切な張力を与えたため足趾が接地したと考えた。内側縦アーチパッドと横アーチパッドは母趾外転筋・長母趾屈筋、外側縦アーチパッドは小趾外転筋・短腓骨筋などが補助される⁹⁾。これらのことから浮き趾者が足底挿板を装着することによって、足趾が屈曲して浮き趾が消失し足趾荷重量の増加につながったと考えられた。

また母趾は「支持作用」、第 2～5 趾は「重心を中心に戻す作用」を持つと報告されている¹⁰⁾。このことから、第 4・5 趾の接地により、立脚期での外側から中心に戻る作用が向上し、その結果母趾方向への誘導を補助することによって、母趾の荷重量が増加したと考えられた。歩行速度と歩幅の増

加については、横アーチパッド・内側縦アーチパッド・外側縦アーチパッドの付加により、重複歩距離、歩行速度が有意に増加し、理由として足底の筋群を補助し、立脚期での外側への動揺を減少させ、母趾方向への誘導を補助して推進力を増大させているのではないかと報告されている⁹⁾。足底挿板の装着により足趾荷重量が増加したことにより、足趾の機能が向上し推進力を増大させ歩行速度の上昇と歩幅増加につながったと考えられた。

浮き趾と足部変形や疾患の関係は明らかになっていないが、足部アライメントが崩れていることから、扁平足や開帳足、凹足や外反母趾などの足部変形やシンスプリントや腸脛靭帯炎が起こる可能性が推測された。外反母趾では足趾による荷重支持が困難なため、中足骨頭下に荷重が集中することがある。足趾に荷重が少ない浮き趾においても同じ傾向が認められたと考えられた。また、荷重量の増加により足部アーチが低下し扁平足につながる。これらのことから浮き趾に対し足底挿板を用い足底面の圧力分散と足趾部の荷重量を増大させることにより、障害の発生や胼胝形成の予防につながる可能性が示唆された。

今後、浮き趾者の足部状態を継続して調査し、その他の足部障害の合併について研究していく必要があると考えられた。

結 語

浮き趾者が足底挿板を装着することによって、足部アライメントが改善され、足趾機能の向上により、立位時の安定した支持基底面と歩行時の推進力を増大させることが示唆された。

文 献

- 1) 長谷川正哉他. 足趾機能が歩行に与える影響. 理療の臨研 2006;15:53-6.
- 2) 加辺憲人. 足趾の機能. 理学療法科学 2003;18(1):41-8.
- 3) 原田碩三他. 幼児の1980年と2000年の足について. 靴の医学 2001;15:14-8.
- 4) 内田俊彦他. 幼稚園児の足型測定(第4報). 靴の医学 2004;18(2):52-6.
- 5) 矢作 毅他. 草履を中心とした浮き趾の治療および腰痛の改善について. 靴の医学 2004;18:65-71.
- 6) 大久保衛他. メディカルチェックにおける足アーチ高測定方法の検討. 臨床スポーツ医学 2004;6, 別冊:336-9.
- 7) 藤井康成他. 下肢アライメントの評価における動的 Heel-Floor Angle の有用性. 臨床スポーツ医学 2004;21(6):687-92.
- 8) 長谷川正哉他. 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響. 理学療法科学 2010;25(3):437-41.
- 9) 大山貴裕他. 外側縦アーチパッド付加による歩行の変化. 靴の医学 2005;19(2):37-40.
- 10) 加辺憲人他. 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. 理学療法科学 2002;17(3):199-204.

小児扁平足に対するハイカットシューズの効果

Effects of high-cut shoes for flatfoot in children

¹⁾株式会社アルカ

²⁾高田馬場病院整形外科

³⁾株式会社シュリット

¹⁾ALKA co. Ltd.

²⁾Takadanobaba Hospital, Department of Orthopaedic Surgery

³⁾Schritt co. Ltd.

寺井 深雪¹⁾, 町田 英一²⁾, 久世 泰雄³⁾, 青木 淳³⁾

Miyuki Terai¹⁾, Eiichi Machida²⁾, Yasuo Kuze³⁾, Jun Aoki³⁾

Key words : 小児 (children), 小児扁平足 (flatfoot in children), ハイカットシューズ (High-cut shoes)

要 旨

小児静力学的扁平足に対するハイカットシューズ使用の効果を検討した。1歳から4歳の小児扁平足の男女40名を対象に、ビデオによる歩容の比較を行い、ハイカットシューズを着用しての満足度、長所・短所を被験者の保護者にアンケートした。対象者がハイカットシューズを好み長距離の歩行ができるというアンケートの結果から、ハイカットシューズの方がローカットシューズに比べて踵骨・距骨・足関節を支え、荷重による踵骨外反を防ぐので、歩容が安定し、運動量が増えるのではないかと考える。

緒 言

ヨーロッパでは、幼児期にハイカットシューズを履いて足を支え保護することに重点をおくこと

が一般的である。対して日本では、ローカットシューズ、主にスポーツシューズを履くことが一般的である。体が未発達な幼児期は足関節をハイカットシューズで支えて踵骨の内外反を防ぎ保護することが有効であると考えられる。今回の調査では特に小児扁平足に対するハイカットシューズの効果について検討した。

対象と方法

1歳から4歳 小児扁平足の男女40人。

内訳は、1歳男児7人、1歳女児9人、2歳男児4人、2歳女児8人、3歳女児4人、4歳男児4人、4歳女児4人の合計40人。垂直距骨などの先天性扁平足の症例は含まない。足底板は使用していない。

年齢別ハイカットシューズの平均着用期間は、1歳：5ヵ月、2歳：10ヵ月、3歳：25ヵ月、4歳：27ヵ月。

調査に使用したハイカットシューズ・ローカットシューズの定義は、ハイカットシューズとは、靴のトップラインが内果・外果を覆う高さの靴とする。(図1)

(2011/12/12 受付)

連絡先：寺井 深雪 〒170-0013 東京都豊島区東池袋
2-15-5 株式会社アルカ
TEL 03-3983-0133 FAX 03-3983-0085
E-mail freude@freude.co.jp



図 1. ハイカットシューズ



図 2. ローカットシューズ

ローカットシューズとは、靴のトップラインが外果下端よりも下の靴である。(図2)

いずれもカウンターの端がショパール関節まで届く長さがあり、紐もしくは面テープベルトで固定できるものとする。色やデザインは対象者の希望に合うものにした。

以下の2通りの方法を用いた。

方法1：ビデオによる歩容の比較

方法2：ハイカットシューズを着用しての満足度、長所・短所を被験者の保護者にアンケートした。

方法1

ビデオによる歩容の比較は、対象者の①裸足②ハイカットシューズ着用時③ローカットシューズ着用時の歩容を目視にて比較した。今回は2人の



図 3. 裸足歩行



図 4. ローカットシューズ着用時歩行



図 5. ハイカットシューズ着用時歩行

対象者のビデオを抜粋して検討した.

【対象者 1】

4歳女児. 2歳6ヵ月からハイカットシューズを着用.

裸足時とハイカットシューズを履いた時の比較では, ハイカットシューズを履いている時の方が体幹の揺れが少なく, 歩行する速度が増している.

ローカットシューズとハイカットシューズを履いた時の比較では, ハイカットシューズの方が歩行ラインが平行に近くなるように見える.

【対象者 2】

4歳男児. 1歳8ヵ月からハイカットシューズを着用.

裸足時とハイカットシューズを履いた時の比較では, 体幹の揺れが少ない.

ローカットシューズとハイカットシューズを履いた時の比較では, ローカットシューズの方が踵が靴の中で動く感じがすると対象者の声があった.

ビデオより, 裸足時よりもローカットシューズ, ローカットシューズよりもハイカットシューズの方が, 体幹の揺れが少なく歩容が安定したように見える.

方法 2

保護者のアンケートでは, 4段階評価でハイカットシューズへの満足度を採点したところ, 「1: 快適である」34人, 「2: どちらかといえば快適である」: 6人であった.

長所は,

- ・長時間・長距離の歩行が可能: 15人
- ・歩行が安定する. 転倒しにくい: 6人
- ・内旋歩行していたのが改善した: 3人
- ・子供がその靴を選んで履く: 1人
- ・足趾の爪が割れなくなった: 1人

短所は,

- ・夏場に暑がる
- ・しゃがむ動作がしづらそう
- ・高価であるため, 複数足購入できず, 1足を履きこんで消耗する
- ・水に弱い, という声があった.

考 察

小児扁平足の対象者がハイカットシューズを好むというアンケートの結果から, ハイカットシューズの方がローカットシューズに比べて踵骨・距骨・足関節を支え, 荷重による踵骨外反を防ぐので, 長距離の歩行ができると考えられる. 小児扁平足では踵骨の外反が大きいため, ハイカットシューズで足関節の支持をしたうえで歩容を安定させることにより運動量が増えるので, 成長に良い影響を与えると考える. 幼児の足の成長には, 筋肉の強化の考え方と, 欧米のように幼児の足を靴で解剖学的に正常な状態に支えて作っていく考え方があり, 我々は後者の立場をとっている.

結 語

成長期に足をできるだけ正常な形に保ち, 骨や筋肉が正常に発育できるようにすることが必要であるため, 小児扁平足に対してハイカットシューズで足関節の支持をすることは効果的であると考ええる.

文 献

- 1) 増原建二. 図解 足の臨床. メジカルビュー社; 1991. 72-5, 100-5.
- 2) 寺山和雄他. 整形外科: 痛みへのアプローチ 下腿と足の痛み. 南江堂; 2007. 175-8.

足底面皮膚感覚閾値の違いを考慮した インソール設計のための基礎研究

Study of insole design considering difference of the tactile sensation threshold value on plantar surface

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 of University of Health and Welfare

飯嶋 勇人, 阿部 薫

Hayato Iijima, Kaoru Abe

Key words : 足底感覚 (plantar sensation), 二点識別覚 (two-point discrimination), インソール設計 (insole design)

要 旨

足底面の感覚情報を反映した, より生体に適合したインソールの設計を目指すための基礎的研究として足底面の二点識別覚検査を行った.

対象は健康成人女性 15 名 30 足とし, 足底面の各部位における二点識別覚閾値を比較検討したところ, 土ふまずに相当する内側中足部に比較し, 常態接地部位の閾値が狭く二点識別覚が鋭敏であった. これに着目して内側中足部を Low-arch 群と High-arch 群に分類し比較検討したところ, 常態的に接地する Low-arch 群の識別覚が鋭敏であった. 先行研究では運動トレーニングによって足部の固有受容器が賦活化され感覚情報が増加すると報告されているが, 本研究においては足底面が常態的に接地することでも固有受容器は賦活化すること

が認められた.

緒 言

足底面は身体で唯一床面と接触する身体支持機構の要であり, 姿勢制御や運動遂行時における環境の変化を知覚するため積極的に外界からの情報を探索している. この外界からの情報を知覚する感覚受容器は皮膚, および皮下組織内に分布しており, ヒトはこれらの受容器から得た複合した感覚情報に基づき, 立位および歩行時における姿勢制御に反映している. つまり安定した姿勢制御とは, 床面の傾斜や凹凸といった情報だけでなく足底部と接触するインソールの形状やテクスチャーの情報にも依存すると考えられる. Nurse ら¹⁾はインソール表面のテクスチャーを変化させることで足底部からの感覚情報が増加し歩行時の下肢筋活動が低下したと報告しており, 足底面の感覚情報を考慮した上でインソール設計を行うことは歩行効率の改善に反映することができると考えられる.

こうした外界からの情報を体性感覚野へ伝達する感覚の一つとして, 複合感覚 (外部刺激の形状や材質を三次元的に知覚する感覚) に属する二点

(2011/10/28 受付)

連絡先: 飯嶋 勇人 〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398 新潟医療福祉大学大学院 靴人間科学研究室
TEL・FAX 025-257-4525 (研究室直通)
E-mail ham10003@nuhw.ac.jp

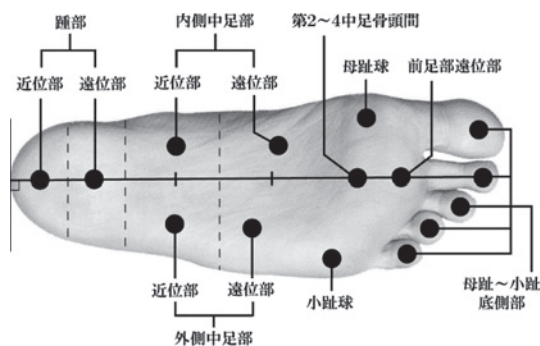


図 1. 足底面測定部位

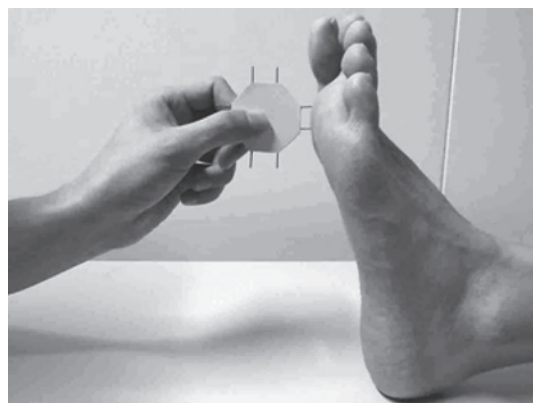


図 3. 測定風景

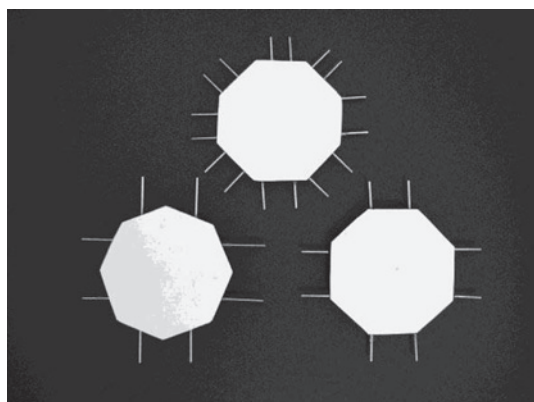


図 2. 触覚計

識別覚²⁾が挙げられる。これはコンパス等の2端で皮膚を刺激した際に1点としてではなく2点として知覚できる最短距離を求めた皮膚感覚で、この能力の高い部位ほど感覚の神経支配が密である³⁾とされている。

本研究は足底面の詳細な領域における二点識別覚検査を行うことにより、従来の生体力学的な設計が主であったインソール設計に生理学的な要素を加え、より生体に適合した設計のための基礎的研究としたものである。

対象と方法

対象は健康女性 15 名 30 足 (平均年齢 19.5 ± 1.5 歳) を対象とした。

被験者の足底印影をピドスコープにて撮影し、足底特徴によって測定箇所を計 15 部位 (図 1) と

設定して各測定箇所の二点識別覚検査を行った。

被験者の足底部に触覚計 (図 2) の 2 端を接触させ段階的に幅を狭くしていき、被験者に 1 端で接触していると感じたら「1 点」、2 端で接触していると感じたら「2 点」と返答してもらった。(図 3) 各測定部位において計 5 回の測定を行い、平均した識別覚閾値を算出した。閾値の基準化については、1 足あたりの足底全面の識別覚閾値を基準として、各測定部位の閾値の割合を算出した。

基準化した閾値をもとに、測定した各部位の比較検討を行った。

なお本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可 (第 17286 号) を得て行った。

結 果

最も識別覚が鋭敏であった部位は足趾であり、特に母趾の識別覚が鋭敏であった。次いで前足部、外側中足部、踵部、内側中足部の順に識別覚が鋭敏であった。(表 1, 2)

接地部位である外側中足部と非接地部位である内側中足部を比較したところ、外側中足部の閾値が狭く識別覚が鋭敏であった。(表 3)

これに着目して、H-line 判定法 (図 4)⁴⁾ に基づき内側中足部を High-arch 群と Low-arch 群の 2 群に分類し、統計分析は Mann-Whitney U-test を用いて比較した。その結果、土ふまず部に相当する内側中足部の閾値は、常態的に接地する Low-arch

表 1. 各測定区分の二点識別覚閾値

測定区分	閾値 (%)
足趾	55
前足部	101
内側中足部	153
外側中足部	124
踵部	135

表 2. 足趾の二点識別覚閾値

測定部位	閾値 (%)
母趾底側部	48
第 2 趾底側部	54
第 3 趾底側部	58
第 4 趾底側部	57
小趾底側部	59

表 3. 外側中足部と内側中足部の二点識別覚閾値

測定区分	測定部位	閾値 (%)
外側中足部	遠位部	126
	近位部	121
内側中足部	遠位部	155
	近位部	150

群の閾値に比較し, High-arch 群よりも有意 ($P < 0.01$) に狭く識別覚が鋭敏であった。

考 察

足趾 (特に母趾) の識別覚が鋭敏であったことに関しては, 求心性情報として身体動揺制御や足底圧力の分配に機能している固有受容器メカノセプター (図 6) の分布が足底部の主な荷重領域である母趾, 前足部, 外側中足部に密に集中している⁴⁾ためであると考えられた。

土ふまずに相当する内側中足部において, High-arch 群と比較して Low-arch 群が鋭敏であったことに関しては, 木原らの研究⁷⁾において, 足部の積極的な運動トレーニングを行うことにより, 足部の固有受容器が賦活し姿勢制御機能が改善されたことが報告されている。Low-arch 群の内側中足部, すなわち土ふまず部が鋭敏であったのは当該部位が常態的に接地することにより, 固有受容器の賦

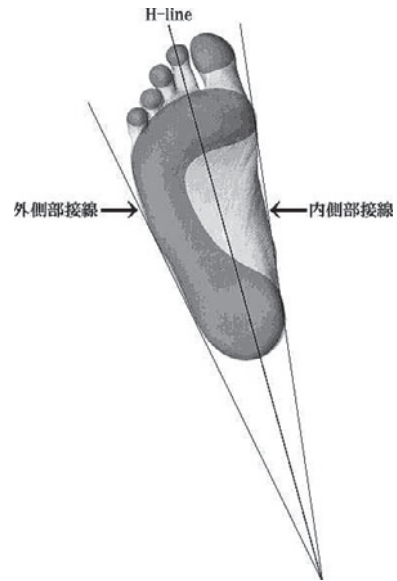


図 4. H-line 判定法

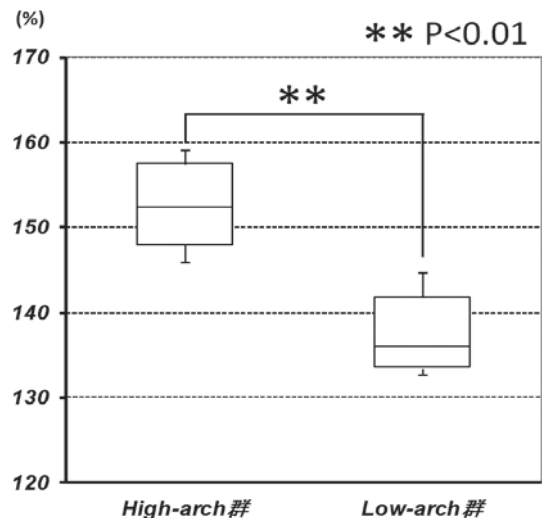


図 5. 内側中足部における High-arch 群と Low-arch 群の二点識別覚の比較

活化が促され感覚が鋭敏になったと考えられた。

本研究において運動トレーニング等の限定的な条件だけでなく, 足底部が常態的に接地することによって固有受容器は賦活化することが判明した。このことから, 立位および歩行時に常時接触する部位が鋭敏な感覚を有しているということは, 姿



図 6. 足底部メカノセプターの分布
(文献 5 から改変して引用)

勢制御のフィードバックに有効な機能を果たしている」と示唆された。

結 語

足底部の二点識別覚検査を行った結果、立位や歩行時における外部情報を検知する固有受容器メ

カノセプターの分布が密である部位の二点識別覚が鋭敏であることが判明した。非接地部位と比較して接地部位の識別覚が鋭敏であったのは、当該部位が常態的に接地することによって、固有受容器が賦活化し感覚が鋭敏になったと示唆された。

足底特徴によって足底感覚は影響を受けることから、足底感覚情報を反映したインソール設計を行う上では、足底面とインソールとの接触部位に微細な調整を考慮することが必要であると示唆された。

文 献

- 1) Nurse MA, Hulliger M, Wakeling JM, et al. Changing the texture of foot can alter gait patterns. *Electromyography and Kinesiology* 2005; 15: 496-506.
- 2) 田崎義照, 斎藤佳雄. ベッドサイドの神経のみかた. 第 17 版. 東京: 南山堂; 2010. 101-2.
- 3) 真島英信. 生理学. 第 18 版. 東京: 文光堂; 1998. 207-8.
- 4) 平沢弥一郎. 足の裏は語る. 東京: 筑摩書房; 1996. 22-5.
- 5) 月城慶一, 山本澄子, 江原義弘他. 観察による歩行分析. 第 1 版. 東京: 医学書院; 2010. 56.
- 6) 坂井建雄, 松村譲児. プロメテウス解剖学アトラス. 第 1 版. 東京: 医学書院; 2009. 418.
- 7) 木原伸宏, 井原秀俊, 三輪 恵他. 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. *理学療法* 2001; 28 (7): 313-9.

中足骨列連結強度の検討—靴型前足部設計の指標として—

Study of connecting rigidity between metatarsal bones :

An index for making forepart of shoelast

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

本塚 茂樹, 阿部 薫

Shigeki Motozuka, Kaoru Abe

Key words : 中足骨列連結強度(connecting rigidity between metatarsal bones), 靴型(shoelast), 中足骨アーチ (metatarsal arch)

要 旨

靴型製作には足部形状・寸法に加え、硬い・軟らかいなどの特性を加味する必要がある。特に靴型における前足部（以下、靴型前足部）は靴のデザインを決定付ける重要な部分である。そこで前足部特性を判断する基準の一つとして中足骨遠位における中足骨間の連結強度（以下、連結強度）を検討した。第1中足骨頭と第2中足骨頭間(M1-M2間)の連結強度が弱い足部においては第1趾側角度が大きくなり、M2-M3間の連結強度が弱い足部では横アーチ低下傾向が見られた。連結強度が弱い足部において、靴型前足部内側をストレートに設計し、中足骨間の開大を抑える設計が有効である。また実際の連結強度はM2-M3間が弱かったことから、M2-M3間を横アーチサポートの横軸頂点位置として設計することが妥当と考えられた。

緒 言

オーダー靴などの製作においては靴型が重要である。足部寸法だけでなく、個別の特性も考慮しなければならない。また靴はファッションとしての要素が強く、靴型前足部形状がデザインに与える影響は非常に大きいと考えられる。

前足部の特性を判断する基準の一つとして中足骨間の連結強度がある。これは中足骨間の軟部組織に依存した骨格構造の強さのことであり、具体的には深横中足靱帯や中足趾節関節の関節包などが考えられる。前足部形状から前足部の変形を検討した研究¹⁾などはなされているが、連結強度から前足部の変形を検討したものは見当たらない。そこでこの連結強度を用いて前足部を評価し、靴型前足部を設計する際の指標とすることを目的とした。本法は新しい手技で、あくまで手技に慣れた1個人が試行したデータである。まだ一般的ではないが、有用な手段と考えたので諸家の追試を仰ぎたい。

(2011/10/28 受付)

連絡先：本塚 茂樹 〒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)
Email : ham10005@nuhw.ac.jp

対象と方法

(1) 被験者

若年女性 30 名 60 足, 平均年齢 21.1 ± 5.9 歳とした。

(2) 測定条件

全ての測定は裸足で行った。

(3) 第1趾側角度

前足部の状態、特に外反母趾の程度を把握するため、スクライバーを用い、紙に描いた足部外郭線から第1趾側角度を求めた。これは第1趾側角度から外反母趾角を推定できる²⁾ためであった。

(4) 中足骨頭部の足底圧測定

F-scan(ニッタ株式会社製)を使用し、静止立位時の中足骨頭部足底圧を測定することにより、中足骨列連結強度との関係を検討した。平坦な木板(厚さ18mm)の上に設定した測定シート(厚さ0.15mm)の上に乗ってもらい、平行開脚位で内果間を10cmとし、2m先の目標点(目の高さ)を注視した状態で10秒間測定した。(図1)

測定後に解析ソフト(F-scan Ver.5.23)の画面上で足部を足趾部、中足骨頭部、ふまず部、踵部と四分割し、中足骨頭部の接触平均圧力(kg/cm²)を求めた。(図2)

(5) 連結強度の測定

連結強度は中足骨間における軟部組織(筋・靱帯・関節包など)に依存した骨格構造の強さのことである。連結強度は第1から第5中足骨頭間(M1-M2間、M2-M3間、M3-M4間、M4-M5間)の隣り合った骨頭をそれぞれ上下に動かし、その偏位量に応じ分類した。骨頭の1/3以下のものを「強」、1/3以上1/2以下のものを「中」、1/2以上の偏位量の多いものを「弱」とし、強=3点、中=2点、弱=1点とした。(図3)

(6) 統計学的分析

M1-M2間連結強度「弱群」と「中群」における第1趾側角度の比較検討にはマン・ホイットニー順位和検定(Mann-Whitney U-test)を用いた。中足骨頭部の足底圧と連結強度(点数)の相関係数を求めた。

(7) 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17285号)を得て行った。



図1. 足底圧の測定風景

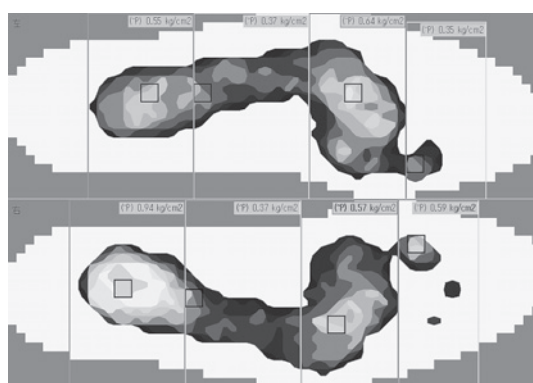


図2. F-scan 解析画面

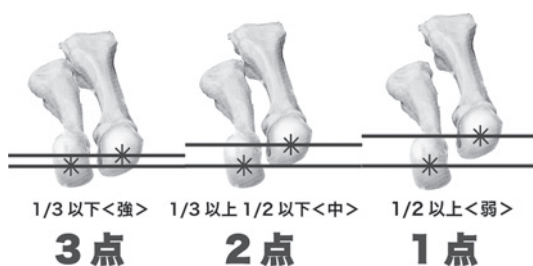


図3. 中足骨列連結強度の測定

結 果

第1趾側角度と連結強度 M1-M2 間の関係において、M1-M2 間の連結強度「弱群」は「中群」に比較して第1趾側角度が有意($p<0.01$)に大きかった。(図4)

M1-M5 間全体の連結強度、つまりすべての測定

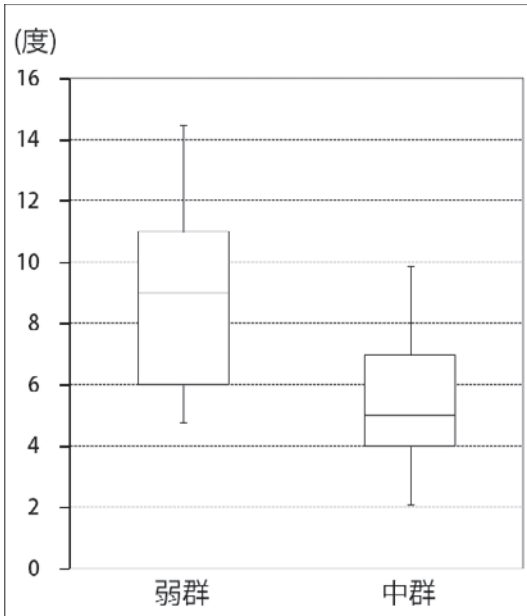


図4. 第一趾側角度「弱群」と「中群」の比較

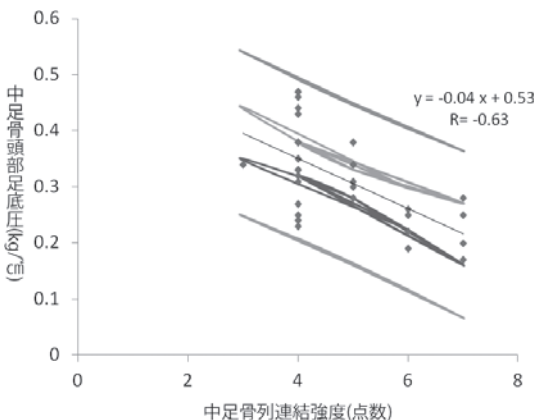


図5. 足底圧と中足骨列連結強度の相関係数

個所の合計点数と中足骨頭部足底圧との間に有意な負の相関 ($r = -0.63$) が認められた。(図5)

骨頭間別で見ると、M2-M3 間の連結強度と中足骨頭部足底圧において高い負の相関 ($r = -0.57$) が認められた。(表1) また実際の連結強度は M2-M3 間が一番強いことがわかった。(図6, 表2)

考 察

M1-M2 間の連結強度が弱い足部においては軟部

表1. 各骨頭間における相関係数 (r)

中足骨列連結強度	相関係数 (r)
M1-2 間	- 0.26
M2-3 間	- 0.57
M3-4 間	- 0.51
M4-5 間	- 0.42

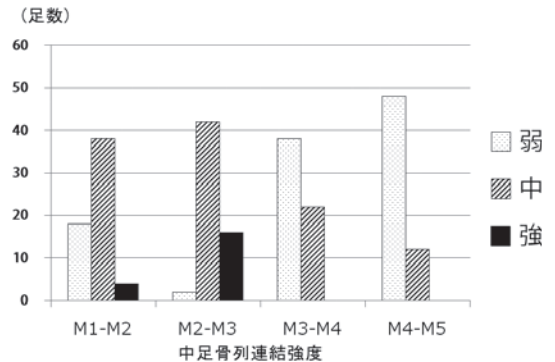


図6. 中足骨列連結強度の強度別分類

表2. 中足骨列連結強度の強度別分類 (足数)

	弱	中	強
M1-M2	18	38	4
M2-M3	2	42	16
M3-M4	38	22	0
M4-M5	48	12	0

組織の強度が弱く、中足骨間が開大し、横アーチが低下する。それに伴い長母趾伸筋腱などの走行が偏位することにより、第1趾側角度が増大していたと推測された。M1-M5 間全体の連結強度が弱い足部では、中足骨頭部の足底圧が有意に高値を示したことから連結強度の弱い足部において横アーチの低下が推測された。各骨頭間の連結強度と中足骨頭部足底圧の相関係数をみると、横アーチの保持には M2-M4 間の連結強度が主たる影響を及ぼし、中でも特に M2-M3 間の連結強度が強い影響を及ぼしていると考えられた。

これらのことから M1-M2 間の連結強度が弱い足部においては、靴型前足部内側をストレートに設計することや、M2-M3 間の連結強度が弱い足部に

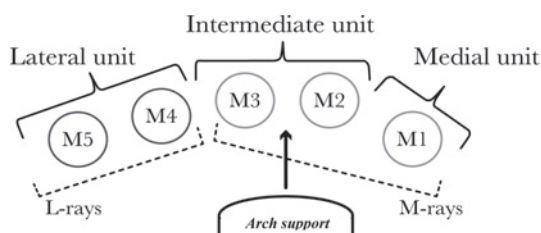


図7. 遠位横アーチ部におけるユニット構造

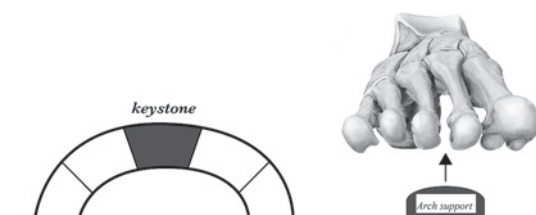


図8. アーチ構造と要石/アーチサポート基本設定位置

においては中足骨間の開大を抑える靴型設計が有効であると考えられた。多くの場合、外反母趾変形はM1/M5角の増大する開張足、つまり横アーチの低下状態を併発することが一般的に言われている。そのため、単に母趾の変形に注目するだけでなく、開大したM1/M5角に対しどう対応をするかも課題となる。開張足に対しては、横アーチをサポートする形状の足底挿板やパッドでの対応があるが、開大したM1/M5間（足囲・足幅）を適切な位置に戻すために、足底からのアプローチだけでなく靴のアップパー部分によるある程度の締め付けが必要であるとも言われている³⁾。開大した足囲部に対してどの程度の締め付けが必要になるかは個人差が大きく、実際に靴型、靴の製作を行うことで検討をしていく必要があるが、足底挿板やパッドといった足底からのアプローチだけでなく、靴そのものの元となる靴型からのアプローチも加えて問題を解決していくことが非常に重要であると考えられた。また連結強度の弱い足部は「弛緩性の足」とも考えられ、構造的な安定性に欠ける⁴⁾とされているため、靴の作りに関しては足部をしっかりと支持する作りにする必要がある。

解剖学的にはM1-M3は内側骨列(Medial rays :

M-rays)だが、実際の連結強度はM2-M3間が最も強かったことから、M2-M3を一つの単位と見立てることができる。遠位横アーチ部においては内側ユニット(Medial-unit : M-unit)、中間ユニット(Intermediate-unit : IM-unit)、外側ユニット(Lateral-unit : L-unit)と3つのユニットに見立てることができる。(図7)このようにM2-M3間の連結強度が遠位横アーチ構造における要石key stoneのような役割を果たしているのではないかと想定したことから、この要石を支持するようにM2-M3間の直下に横アーチサポートの頂点を設定するのが最適であると考えられた。(図8)しかし個々の足部特性は様々であることから、M2-M3間を横アーチサポートの横軸頂点位置の基本設定位置と考えたうえで、足部の状態に応じて変化させていく必要がある。

また、連結強度という指標は、靴販売店における足部特性の判断の際の指標の一つとしても有効であることが考えられた。靴店の店頭ではシューフィッターが適切な靴を顧客に提供することに加え、必要に応じて足底挿板やパッドによる調整を行うことがあり、連結強度は顧客の足部特性を把握する指標の一つとして役立つことが考えられる。靴はファッションアイテムであり、個人のライフスタイルや好みに合わせて、フィッティングや機能性よりもファッション性を優先させた靴を選ぶ場面がある。こういった際に、販売する側が購入する側に対し足部が「変形しやすい」「変形しにくい」などの特性を持つことをあらかじめ伝え、靴の購入後は着用者が場面に合わせて着用時間をコントロールすることで、足部疾患の予防につながる事が考えられた。

結 語

M1-M2間の連結強度が弱い足部では第1趾側角度が大きくなる傾向が見られ、M2-M3間の連結強度が弱い足部においては横アーチ低下傾向が見られた。これらのことから連結強度が弱い足部においては靴型前足部内側をストレートに設計するこ

とや、中足骨間の開大を抑える設計が有効であると考えられた。

実際の連結強度は M2-M3 間が弱かったため、M2-M3 間を横アーチサポートの横軸頂点位置として設計すること、またパッドによる調整を行う際はパッドの横軸頂点位置を M2-M3 間とするのが最適であると考えられた。

文 献

- 1) 加藤 正, 阿部 学. 前足部の型と靴. 靴の医学 1987; 1: 34-6.
- 2) 内田俊彦他. 外反母趾角の測定. 靴の医学 2002; 16: 47-50.
- 3) 内田俊彦他. 外反母趾の足サイズと靴サイズに関する検討. 靴の医学 2004; 18: 47-51.
- 4) 熊谷温生訳. 問題のある足に対するフィット. プロフェッショナルシューフィッティング. 東京: 日本製靴; 1987. 144.

Dynamic Move Control 理論に基づく足底挿板の作製方法について —観察による歩行分析を用いて—

Shoe-insole production method based on Dynamic Move Control Theory—Using Observational gait analysis—

¹⁾戸塚共立リハビリテーション病院 リハビリテーション科

²⁾戸塚共立リハビリテーション病院 整形外科

³⁾NPO オーソティックスソサエティー

¹⁾Department of Rehabilitation, Totsuka Kyoritsu Rehabilitation Hospital

²⁾Department of Orthopedic Surgery, Totsuka Kyoritsu Rehabilitation Hospital

³⁾Nonprofit Organization of Orthotics Society

東 佳徳¹⁾, 金森 輝光¹⁾, 小林 文子¹⁾, 久保 実²⁾, 内田 俊彦²⁾³⁾
Yoshinori Higashi¹⁾, Terumitsu Kanamori¹⁾, Fumiko Kobayashi¹⁾,
Minoru Kubo²⁾, Toshihiko Uchida²⁾³⁾

Key words : 足底挿板 (shoe-insole), ダイナミックムーブコントロール (Dynamic Move Control), 観察による歩行分析 (gait analysis by observation)

要 旨

健康人の歩行姿勢をスムーズでかつバランスの取れた歩行と定義すると歩行障害のある人たちの歩行姿勢は、健康人とは明らかに違っている。そこで、本研究では歩行バランスを悪くしている逸脱運動について観察による歩行分析を用いて分類し検討を行った。変形性膝関節症や外反母趾は足部過回内、過回外の両タイプが存在する。変形性膝関節症ではO脚の程度や屈曲拘縮の有無による脚長差も考慮しなくてはならない。この様に同じ障害であっても歩行のパターンが同じになるとは

限らない。足底挿板作製においてその形状は一概に疾患別には作製できず、歩行観察は必要不可欠なものであると示唆された。

緒 言

足底挿板は足部障害全般に対して広く行われている装具療法である。足底挿板の多くは荷重位での静的な採型と評価によって作製されている。その際、一つの疾患で一つのパターン足底挿板というようにその形状は疾患によってマニュアル化されている。この様にして作製した足底挿板の効果判定をする際に、患者さんの主訴以外に基準になるものがほとんどない。

健康人の歩行姿勢をスムーズでかつバランスの取れた歩行と定義¹⁾すると歩行障害のある人たちの歩行姿勢は、健康人とは明らかに違っている。我々は特に非荷重位寄りの靴合わせ²⁾と動的な観察によ

(2011/11/02 受付)

連絡先：東 佳徳 〒245-0016 神奈川県横浜市泉区
和泉町 4259-1 戸塚共立リハビリテーション病
院 リハビリテーション科
TEL 045-800-0320 FAX 045-800-0321
E-mail nw-qinglong-nw@power.odn.ne.jp

る歩行分析を用いて効果判定を行うことで足底挿板の効果を得ている。歩行姿勢がバランスの取れたものになることで、自覚症状が改善されることは昨年の学会で内田らが報告している³⁾。

歩行分析の方法には機械等を用いた分析が盛んに行われているが、臨床で用いることは少なく、観察による歩行分析法が多く用いられている⁴⁾⁵⁾。それだけに手順は多様化され、観察の信頼性には限界がある。しかし、いかに優れた機器による分析が望ましいといえども、観察による分析によって変わるとは考えられない。高い精度で異常動作を測定するよりも、ある程度の水準で異常を検出し、総合して特殊化した現象に対して原因を推理することが要されているからである⁶⁾。

そこで、本研究は臨床で多く用いられている観察による歩行分析手法を用いて歩行バランスを悪くしている特徴的な歩行について分類し検討を行った結果、知見を得たので、我々が Dynamic Move Control[®]理論に基づきどのように足底挿板の形状を選択し作製しているかを交え報告する。

身体の動き（特に歩行姿勢）を意図的にコント

ロールしスムーズでかつ、バランスのとれた状態に変化させるものは、足底挿板だけではなく靴やテーピング、サポーターでも可能であるため、これらを総称して Dynamic Move Control[®]（以下、DYMOCO[®]）と定義している¹⁾⁷⁾。この理論に基づいて個々人の動きに合わせて作製するインソールのことを DYMOCO[®]インソールという。

対象と方法

対象は歩行障害を有する独歩可能な患者 52 名

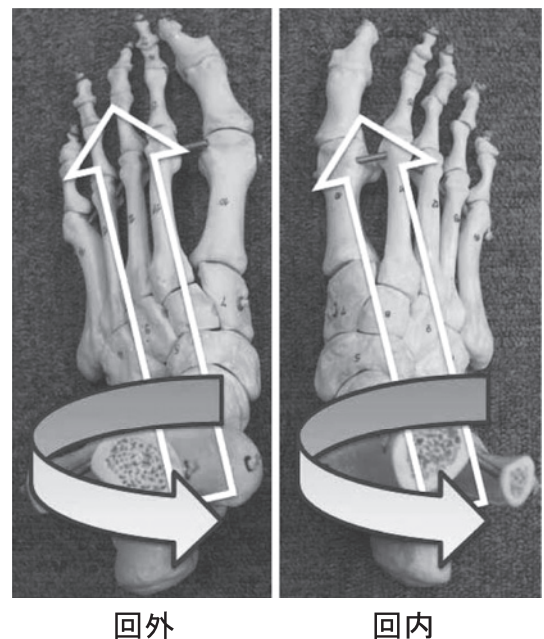
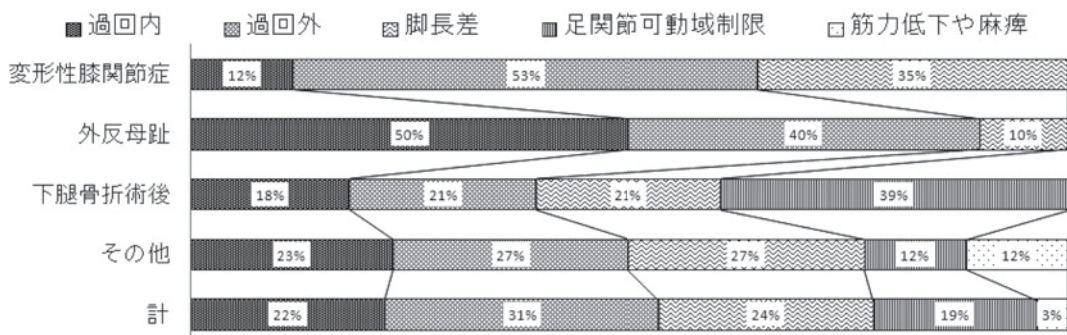


図 1. 足部の動き

表 1. 対象者

下腿骨折術後	13 例
変形性膝関節症	12 例
外反母趾	10 例
片麻痺	3 例
その他	14 例

表 2. 主たる逸脱運動





a.足底挿板なし
b.足底挿板あり
足底挿板装着により体軸の左方向への傾きが減少してる

図2. 歩行姿勢の観察

(男7例・女45例)平均年齢64.3歳である。対象疾患は、下肢の骨折後における歩行訓練の対象者が最も多く、次に変形性膝関節症、外反母趾などである。(表1)本研究の趣旨を説明、同意を得て以下の方法を実施した。方法は10m自然歩行、ビデオカメラを用い観察による歩行分析を行った。回外・回内の歩行は三平面の動きとし、観察により(図1)に示すように重心移動の方向が、足部の外側に向かうか、内側に向かうかで分類した。

結 果

主な逸脱として足部の①過回外、②過回内、③脚長差、④足関節可動域制限、⑤筋力低下や麻痺に分類された。これらは単独ないし重複していた。

主な逸脱運動の分布では、変形性膝関節症では過回外が最も多く53%で、脚長差35%、過回内12%であった。外反母趾では過回内50%、過回外40%、脚長差10%であり、下腿骨折では足関節可動域制限が39%と最も多かった。全体でみると過回外によるものが最も多く、続いて脚長差、過回

内となっていた。(表2)

DYMOCO[®]インソール装着により、全例で逸脱した運動が消失または軽減したことが観察できた。症状もそれに伴い消失、ないし軽減していた。

症例供覧

32歳男性、1年ほど前から左踵痛が出現し、近医にて足底腱膜炎と診断され投薬を受けたが、痛みは軽快せず逆に増悪し踵接地も困難になり来院した。歩行観察では左立脚期に骨盤の左側方移動を呈し体幹が大きく左へ傾き、左立脚期の足部回外方向の動きが大きく、右足の蹴りだしが弱い。(図2-a)

足底挿板は左足の歩行を回内方向、右足は回外方向に誘導するパッドを装着した。(図3)歩行観察において、左立脚期の骨盤の左側方移動が軽減し10m自然歩行における歩数が平均13歩から11歩となり歩行速度が向上、体軸の左への傾きが改善され左右バランスが明らかに改善し力強い蹴りだしとなった。(図2-b)結果、左踵痛は完全に消



Rt Lt
図 3. 作製した足底挿板

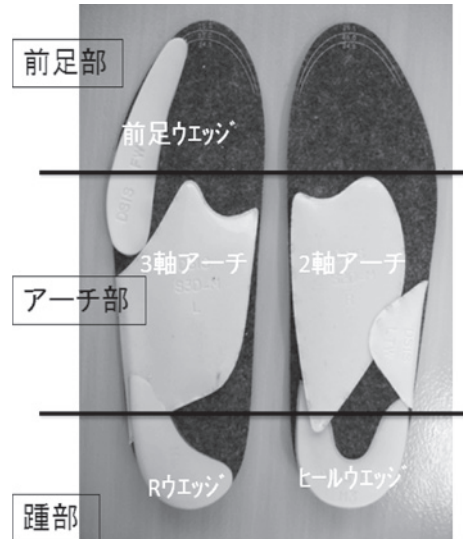


図 4. 6 種類の DSIS®パッド

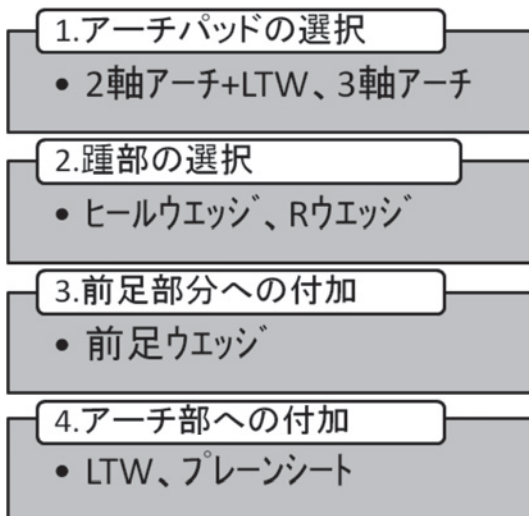


図 5. 各パッドの選択手順

失した。

考 察

足底挿板の作製方法には様々な方法があるが、荷重であれ非荷重であれ静的な評価と採型による作製では、歩行における足部のコントロールは使用させないとわからない部分も多く、作製者によ

Dynamic Move Control®理論 基本的な考え方

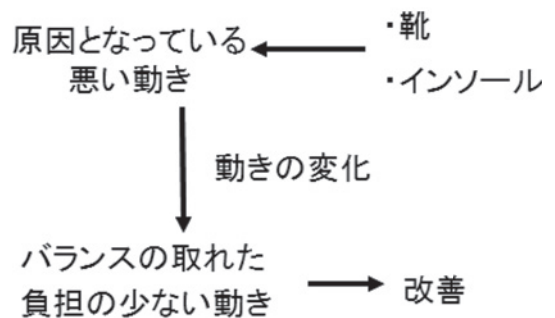


図 6. DYMOCO®理論

るスキルの差が大きい。その為、我々はアーチパッドでの歩行を基準としてアーチパッドのどこにパッドを付加して高くするのか、またどこを削って低くするのか、観察による歩行分析をもとに、歩行を比較しながらパッドの選択や形状、高さを修正し逸脱した歩行を補正の方が簡便でより効果的な方法であると考え、6種類の既成パッド Dynamic Shoe Insole System® (以下、DSIS®) パッド⁸⁾ (図 4) を用いている。距骨下関節過回内に伴う下肢運

動連鎖に対してアーチ部には2軸アーチパッドにLTW, 踵部にはヒールウエッジ. 距骨下関節過回外に対しては, アーチ部には3軸アーチパッド, 踵部にはヒールウエッジ, Rウエッジ, 前足部には前足ウエッジを組み合わせることによりDY-MOCO[®]インソールを作製している.(図5)匠の技と揶揄されることもあるように, 観察による歩行分析は, 専門的な観察力や直感によって分析される特徴があるため, 経験に委ねる面もある⁹⁾. しかし, 正しい位置にDSIS[®]パッドを付加したDY-MOCO[®]インソールでは歩行観察能力が習熟せずとも, ある程度の効果は期待できる.

この様にして, 我々は健常歩行から逸脱した歩行姿勢のアンバランスが痛みや変形を助長する原因と考え根本にあるその歩行をバランスの取れた方向へ変化させる目的でアプローチすることが最も重要だと考えている.(図6)逆に, 歩行姿勢が変化しなければその足底挿板は効果がないと判断して良い⁹⁾. したがって, 歩行を見ずにアーチの高さや形状の処方を出すことは困難であって足底挿板作製において歩行観察は必要不可欠なものである.

垣花らは外側楔状足底挿板は動的状態において内側型膝OAの膝関節内反モーメントを減らす効果があることを実証したが, この様な作用機序が適合しない内側型膝OAが20%程度存在したと報告している¹⁰⁾. 本研究の逸脱運動の分布(表2)の結果からも変形性膝関節症においては過回外だけではなく過回内タイプが12%存在しており, 外反母趾でも両タイプが存在していた. 変形性膝関節症ではO脚の程度や屈曲拘縮の有無による脚長差も考慮しなくてはならない. 足底挿板作製において内側型膝OAならば外側楔状板, 外反母趾なら内側縦アーチパッドやメタターザルパッドというように一つの疾患で一つのパターンの足底挿板に

なるとは限らない. つまり歩行パターン多様はであり, 足底挿板の形状は一概に疾患別には作製できないと考える.

結 語

1. 歩行バランスを悪くしている逸脱運動について観察による歩行分析を用いて検討を行った.
2. 足底挿板作製にあたり, 変形性膝関節症や外反母趾は足関節過回内, 過回外の両タイプが存在する. さらに, 変形性膝関節症ではO脚の程度や屈曲拘縮の有無による脚長差も考慮しなくてはならない.
3. 同じ障害であっても歩行パターンが同じになるとは限らず, 足底挿板の形状は一概に疾患別には作製できない.
4. 足底挿板作製において歩行観察は必要不可欠なものである.

文 献

- 1) 内田俊彦. 体幹と歩容について. 運動療法と物理療法 2010;2(3):229-35.
- 2) 小林文子他. 靴の適合性が歩行に与える影響. 靴の医学 2010;24(1):38.
- 3) 内田俊彦他. 歩行リハビリテーションにおける我々の足底挿板療法—足底挿板の処方に関して—. 靴の医学 2010.
- 4) 江原義弘. 機器を使わない歩行分析. 理学療法京都 2007;36:45-9.
- 5) 畠中泰彦. 歩行分析の基礎と臨床. 理学療法京都 2009;38:5-9.
- 6) 対馬栄輝. 変形性股関節症患者における歩行分析について. 理学療法研究 2005;22:15-9.
- 7) 佐々木克則他. 外反母趾患者の歩行形態と Dynamic Move Control. 靴の医学 2004;18(2):26-9.
- 8) 佐々木克則他. ダイナミック・シュー・インソール・システムについて. 靴の医学 1997;10:31-4.
- 9) Perry J. ペリー歩行分析. 正常歩行と異常歩行. 医歯薬出版:2007.
- 10) 垣花 渉他. 変形性膝関節症に対する装具療法の裏づけ—足底板の動作解析から. JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION 2007;16(5):456-61.

採型手技の標準化の試み (第二報)

～立位での採型を基準として～

A trial of standardization of the Modeling Technique(Second Report)

～On the basis of Modeling with the Standing Position～

¹⁾東名ブレース株式会社, ²⁾至誠会第二病院 足と靴の医療センター

Tomeibrace. Co. Ltd, The Institute of Shoes, Foot, and Ankle Disorders, Shiseikai Daini Hospital

曾我 敏雄¹⁾, 山下 敬史¹⁾, 奥村 庄次¹⁾, 井口 傑²⁾

Soga Toshio, Takashi Yamashita, Shoji Okumura, Suguru Inokuchi

Key words : 足底装具 (Insole), 採型手技 (Modeling Technique), アーチサポート (Arch support), 立位 (Standing Position)

要 旨

今回、立位（以下、荷重位とする）での採型を基準とし、非荷重の状態でフィットするように作製したアーチサポートの高さまでの範囲で、少しずつ高い状態のアーチサポートを作製し、基準よりどれくらい高くしたらどのようなアーチサポートの具合になるかについて、検討した。

健常者 5 名に対し、舟状骨の床面からの高さにより荷重位と非荷重位の差を算出、荷重位を基準として、荷重位、25%UP、50%UP、75%UP、100%UP (非荷重位) において、VAS によるアンケートによって比較、被験者 5 名うち 1 名は医師で、F-SCAN の計測や X 線像診断、後方からの前額面で踵骨の傾斜などを計測し検討した。その結果、アーチサポートの高さに対比して、F-SCAN では足底圧の差異が見られ、X 線像診断ではアーチ高率も

実際に順に高くなっており、踵骨の傾斜の計測では、ある程度の高さでは変化がないが、高すぎた場合影響することがわかり、VAS ではアーチ高による被験者の感じ方が明らかになった。

今回の結果が医師と義肢装具士との共通の認識となり、その結果を装具の処方に役立てる見通しが立った。実際に処方する医師が、どのくらい高いアーチサポートかを数値で表現し処方されることが出来ることが望ましいと考える。

緒 言

現在、我々が通常行っている採型方法は、患者に座位を取らせ、モールディングしたり床面に押し付け、圧をかけたりして行う、いわゆる「座位半荷重」での採型方法 (図 1) である。前回、筆者らは、採型手技によって、同じ足底装具でも、出来上がったアーチの高さや形状が違う点について報告した。また、アーチサポートを作製する際の採型法について、誰がどのように採型しても同じように出来ないという理由から、治療目的において、医師と義肢装具士とのスタート地点である基準を、立位にしてはどうかと報告した。

(2011/11/01 受付)

連絡先：曾我 敏雄 〒259-1147 神奈川県伊勢原市白根 472-5 東名ブレース (株) 関東支店
TEL 0463-92-5578 FAX 0463-92-5582
E-mail sogatome@tomeibrace.co.jp



図 1. 座位半荷重での採型



図 2. アーチ高の計測

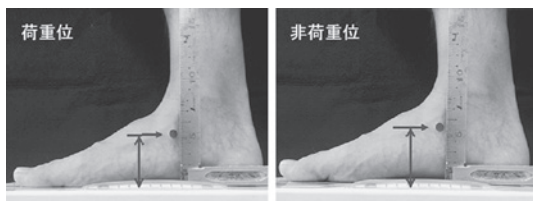


図 3. 荷重位と非荷重位でのアーチ高の計測

今回、立位（以下荷重位とする）での採型を基準とし、どれくらい高くしたらどのようなアーチサポートの具合になるかについて、検討したので報告する。

対象と方法

今回、健常者 5 名に対し、舟状骨の床面からの高さやアンケートなどによって比較、被験者 5 名うち 1 名は医師で、F-SCAN の計測や X 線像につ

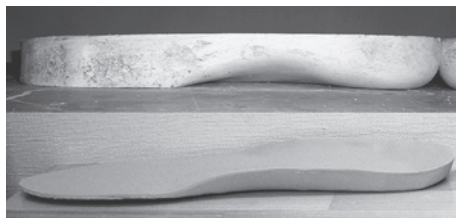


図 4. 荷重位で採型して作製したアーチサポート

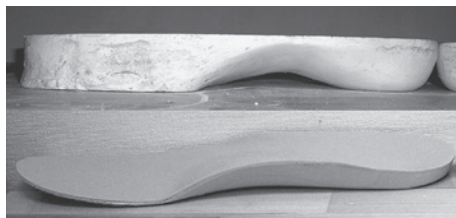


図 5. 非荷重位で採型して作製したアーチサポート

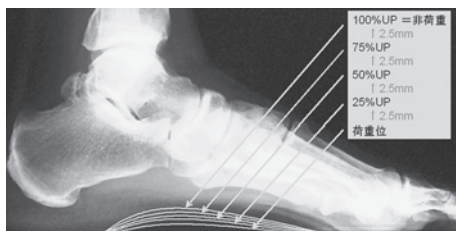


図 6. 荷重位から非荷重位までの範囲で比較

いても検討した。アーチサポートを高くする度合いが強すぎると、足部が内かえしとなり外側の荷重圧が強くなる傾向があることから、後方からの前額面で踵骨の傾斜を計測し検討した。

アーチ高の変化の計測方法としては、床面から舟状骨までの高さを計測（図 2）、計測側で片足立ちして荷重し全体重を表示した状態を荷重位、MTP 関節の第 1 趾と第 5 趾、踵の 3 点が着いている状態で 0kg を表示した状態を非荷重位とした。（図 3）

アーチサポートの高さの適合範囲は、荷重位で作製したアーチサポート（図 4）の高さから、非荷重位で作製したアーチサポート（図 5）の高さまでの範囲と考える。

例えば、被験者のうちの 1 名、医師の場合は、

表 1. 被験者のアーチ高の計測

	靴サイズ (足長)	荷重位	非荷重位	非荷重位－荷重位	挿入するアーチの 高さ枚数
33 歳男性	26.5cm	49mm	54mm	5mm	1.2mm を 4 枚
36 歳男性	27.0cm	47mm	54mm	7mm	1.4mm を 4 枚
47 歳男性	26.5cm	58mm	63mm	5mm	1.2mm を 4 枚
24 歳女性	24.0cm	37mm	45mm	7mm	1.4mm を 4 枚
65 歳男性 (医師)	24.5cm	34mm	44mm	10mm	2.5mm を 4 枚

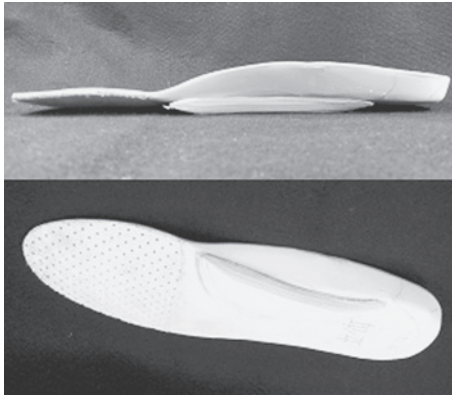


図 7. アーチを少しずつ高くして計測

非荷重位の高さは 44mm で、荷重位の高さは 34mm、その差は 10mm であった。今回その範囲で、10mm の 4 等分の 2.5mm ごとで比較した。(図 6)

他に健常者 4 名の非荷重位と荷重位の差を計測して求めた。(表 1)そして荷重位で作製したアーチサポートに、その差の 25% ずつの縦アーチパッドを貼って検討した。(図 7)

結 果

X 線像の評価(図 8)は、横倉法でのアーチ高率を用いて右足のみ比較した。アーチ高率は、裸足の状態では 46/146 で 31.5% に対し、荷重位で作製したアーチサポートは 48/146 で 32.8%、25%UP は 48/145 で 33.1%、50%UP は 49/145 で 33.7%、75%UP は変わらず 49/145 で 33.7%、100%UP は 51/145 で 35.1% であった。裸足の状態に比べ、荷重位、25%UP、50%UP、75%UP、100%UP の非荷重の順にサポートされていることがわかる。

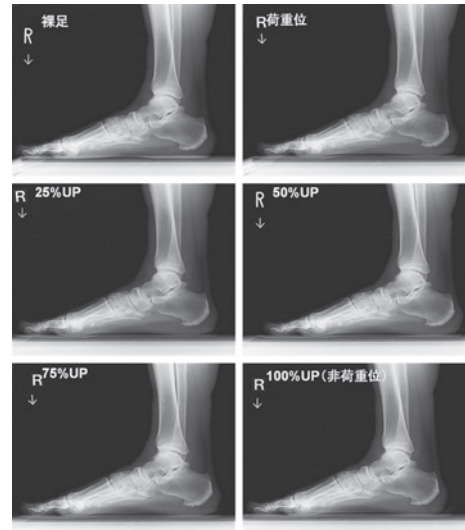


図 8. X 線像での比較

F-SCAN による一歩行周期の足圧分布の比較である。(図 9)裸足は踵と MTP 関節部に圧がかかりかかっているが、荷重位はトータルコンタクトされている。25%UP はそれほど変わらず、50%UP、75%UP の順に中足部に圧がかかっている。100%UP の非荷重はアーチ中足部にかなり圧がかかっており、踵は圧が減り外側は逆に浮いている感じであった。全例で同様の傾向を示したので、代表例を提示する。

後方から見た前額面での踵骨の外反角の比較である。(図 10)裸足では 173 度で、荷重位で作製したアーチサポートでも変化はなく、25%UP、50%UP、75%UP のアーチサポートでも、さほど変化はなかったが、100%UP の非荷重位で作製したアーチサポートでは 181 度とやや内反しており、アー

チがサポートされるとともに外側にずれているような感じであった。

実際に装着、使用された感想は、ビジュアルアナログスケール(アーチサポートの感じなし; 0～想像できる最高のアーチサポートの感じ; 10)(図 11)での聞き取りとともに評価した。(表 2) 立位は VAS 平均 2.2 で、気持ちが良い感じがし、25%UP は 4.0 で、よく言えば、矯正されている感じ、50%UP は 5.6 で、かなり高い感じ、75%UP は 7.4 で、そうとう圧迫感があり、100%UP の非荷重は 9.4 で、土踏まずだけで荷重を受けて、前足部や後足部の内側が浮いている感じであった。

考 察

結果は以上の通りであるが、総合的には、臨床で使える範囲としては 75% くらいまでではないかと考える。そして、どれくらいのアーチサポートの高さが、どのような具合になっているかが明らかになったことで、今回の結果が医師と義肢装具士との共通の認識となり、装具の処方に役立てる見通しが立った。

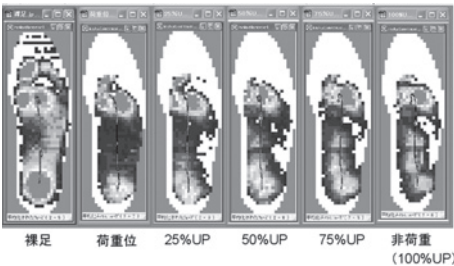


図 9. 一歩行周期の足圧分布

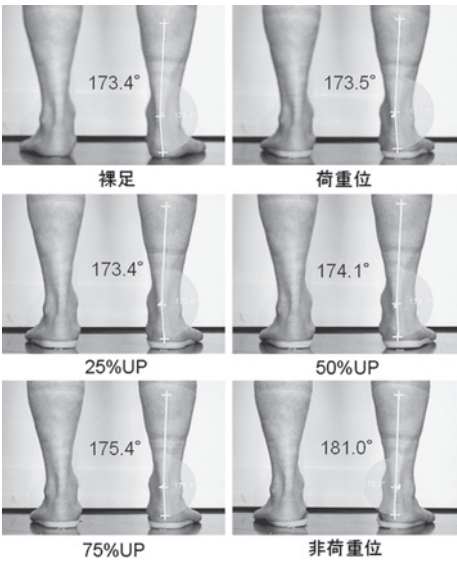


図 10. 後面から見た踵骨の傾き



図 11. VAS

表 2. VAS の評価

	VAS				
	荷重位	25%UP	50%UP	75%UP	非荷重位 100%UP
33 歳男性	2	4	6	8	10
36 歳男性	3	5	8	10	10
47 歳男性	1	4	5	7	9
24 歳女性	2	3	4	6	8
65 歳男性 (医師)	3	4	5	6	10
VAS 平均値	2.2	4.0	5.6	7.4	9.4

べきという点であると考える.

結 語

実際に処方する医師が, 例えば, 「荷重位の何%増し」とか, 「サポート弱め」や「強め」など, 症状によって治療の効果をどれくらい期待して考えるアーチサポートが, どのくらい高いアーチサポートかを定めた基準や数値で表現し処方されることが出来ることが望ましい.

今後の展開としては, 今回の結果を共通に認識として装具に反映するとともに, どの義肢装具士

によっても同じように作製できるように用いることができるスケールの作製や採型治具の開発まで取り組み, 採型方法の標準化が確立されることに貢献できればと考える.

文 献

- 1) 井口 傑. 足のクリニック II〜手術書に書けなかったこと〜. 東京: 南江堂; 2008. 167-84.
- 2) 加倉井周一(編). 装具学. 第3版. 東京: 医歯薬出版; 2003. 17-50.
- 3) 石塚忠雄. 新しい靴と足の医学. 第1版. 東京: 金原出版; 2000. 1-9.

異なる靴下による足底圧への影響調査

The study of different socks for plantar pressure

東京女子医科大学糖尿病センター

Diabetes Center Tokyo Womens Medical University

新城 孝道

Takamichi Shinjyo

Key words : plantar pressure, socks, diabetic foot

目 的

糖尿病足底病変の一因として神経障害を背景とする足底圧異常がある。この足底圧異常は正に従来靴及び靴下での対応が成されてきた。今回同一の靴を使用し、靴下の違いによる歩行時の足底圧減弱効果の有無を検証する。

はじめに

糖尿病足病変の治療及び予防に靴下が重要であるとの報告がいくつかある。筆者は靴下に関する論文を1993年靴の医学に投稿した¹⁾。市販靴下と特殊編み靴下とを履いてプレート型圧力測定器の上を歩行した比較では、後方で足底圧の減少効果を得た。今回新たな方法を用いて靴での歩行時の靴下の効用比較を目的として調査した。

対 象 (表1)

非糖尿病 (以下 NDM と略) 13 名 (男 7 女 6) で年齢は 32-65 歳。糖尿病患者 (以下 DM と略) 16 名 (男 7 女 9) で年齢は 36-83 歳であった。糖尿病

末梢神経障害の診断基準を満たした例は 16 名全例にみられた。ハンマートウ、外反母趾、凹足、足趾離断術後等の足変形合併が 12 名にみられた。糖尿病末期腎症よりの血液透析導入例が 4 名含まれた。足底病変は NDM の胼胝 1 名と DM での角質増殖 11 名、潰瘍形成 3 名であった。使用している履物は NDM が市販靴 2、ウォーキングシューズ 2、サンダル 3 及びスニーカー 3 名であった。DM では靴型装具 4、市販靴 5、ウォーキングシューズ 4、サンダル 2、スニーカー 3 及びナースシューズ 1 名であった。

方 法

足圧分布測定システム F-SCANII を用いて足底圧測定を施行。同一の靴を使用し、靴下は 2 種類交互に着用し比較した。一つは市販の非機能性靴下の福助製 FILA[®]で(図1)、もうひとつはイタリア製機能性靴下 ARKOSOX[®] (図2)を使用。前者はスーパーで購入した低価格の靴下で、後者はアメリカで糖尿病患者へ使用が推奨されているという靴下で高価である。圧力センサーシートを履き物の中に挿入し(図3)、ケーブルを身体にマジックテープで固定し 30 秒間歩行した。(図4)リアルタイムでデーターをコンピューターに集積、解析ソフトで全体を 2 次元表示した。(図5)足底面を 12 分画にわけ(図6)、各部位における接触面積

(2011/11/07 受付)

連絡先：新城 孝道 〒162-0063 東京都新宿区河田町
8-1 東京女子医科大学糖尿病センター
TEL 03-3353-8111 FAX 03-3358-1941
E-mail asieso@dance.ocn.ne.jp

表 1. 対象

NO	性	年齢	BMI	DM	透析	靴の種類	中敷	足病変	足病変
1	M	83	19.8	有	有 有 有 有 有 有 有 有 有 有 有 有 有 有 有 有	スリッポン紳士靴	無し	無	無し
2	M	78	26.9	有		免か用サンダル加工	無し	有	両拇趾底部高度疣贅
3	M	67	22.2	有		靴型装具作成中敷	有り	無	右第 45 足指切断, 踵胼胝
4	M	72	18.7	有		右靴型装具ロッカー, 左スニーカー	無し	有	両足底胼胝
5	M	68	21.2	有		くつ型装具作成中敷	有り	有	両足底胼胝, 左前足底部
6	M	46	27	有		靴型装具	有り	有	両足底胼胝潰瘍
7	M	37	27.1	有		外羽紳士靴	無し	有	両足底胼胝潰瘍
8	F	77	23.3	有		市販サンダル	無し	無	無し
9	F	76	24.2	有		ウォーキングシューズ	無し	有	外反母趾, 両足底胼胝
10	F	70	24.4	有		スニーカー	無し	無	無し
11	F	64	27.7	有		婦人靴	無し	有	両外反母趾, 変形性膝関節症
12	F	63	21.9	有		スニーカー	無し	無	無し
13	F	55	22.6	有		クロックスサンル	無し	有	両外反母趾, 右第 4 足指胼胝
14	F	49	24.9	有		ロック底加工ウォーキングシューズ	無し	有	両外反母趾
15	F	36	24.9	有		市販婦人靴	無し	無	陥入爪
16	F	63	36	有			無し	無	外反母趾
17	M	65	27.1	無	有	ウォーキングシューズ	有り	有	両足底胼胝
18	M	46	22.6	無		スリッポンウォーキングシューズ	無し	無	無し
19	M	40	21.8	無		ローリングソールウォーキングシューズ	無し	無	無し
20	M	39	19.6	無		外羽紳士靴	無し	無	無し
21	M	37	21.8	無		紳士靴	無し	無	無し
22	M	29	20.4	無		クロックスサンダル	無し	無	無し
23	M	56	24.9	無		ウォーキングシューズ	無し	無	無し
24	F	55	26	無		スニーカー	無し	無	無し
25	F	49	26.9	無		スニーカー	有り	無	無し
26	F	46	22.5	無		クロックスサンダル	無し	無	無し
27	F	35	20	無		スニーカー	無し	無	無し
28	F	32	22.3	無		ナースシューズ	無し	無	無し
29	F	48	22.2	無		ウォーキングシューズ	無し	無	無し



図 1. 市販の非機能性靴下の福助製 FILA®



図 2. イタリア製機能性靴下 ARKOSOX®

と接触部のピーク圧を算出した。(図 7) 足底圧の表示単位は g/cm^2 より kPa に変換した。

結 果

圧力センサーの接触面積では(表 2), DM と NDM



図3. センサーシートを靴内に敷いた状態。機能性靴下 ARKOSOX[®]を着用

群で大別し、足は左右別とした。全体と足底分画での最小値、最大値、平均値をそれぞれもとめ比較した。また FILA[®]と ARKOSOX[®]の平均値の差を求め比較した。DM での全足底の平均圧では FILA[®]に比して ARKOSOX[®]で増加がみられ、分画でも M2, M7, M11 以外で同様に増加がみられた。左右における差異はみられるが重心移動でのもので靴下での影響は判定出来ない。NDM での全足底の平均圧では FILA[®]に比して ARKOSOX[®]で増加がみられ、分画でも M5, M6, M7, M10 以外で同様に増加がみられた。左右差の変化は少なかった。DM と NDM での比較は接触面積増加は NDM で大きかった。M1, M2 の踵部では DM と NDM で増加がみられたが低値であった。M4-M8 での中足部では平均値の差は DM 及び NDM で同様に増加がみられた。M9-M12 の足趾部では DM, NDM との差が少なく変化も少なかった。

接触ピーク圧は(表3)接触面積と同様な比較をした。FILA[®]と ARKOSOX[®]の平均値の差は、全足底圧では DM で減少がみられたが NDM では逆の結果であった。部位別では DM は M1, M2, M4, M5, M7, M9, M11, M12 で FILA[®]より ARKOSOX[®]が高値を示した。NDM では全足ピーク圧が FILA[®]より ARKOSOX[®]が低値であり、部位別比較では M1, M2, M3, M5, M8, M9, M10, M11 で低値を示した。DM より NDM で FILA[®]に比し ARKOSOX[®]が接触ピーク圧の低下が顕著であった。



図4. センサーシートを装着。ケーブルでコンピューターと連結し、測定データを集積し解析する。

考 察

糖尿病足病変対策として神経障害に関する取り組みが重要である²⁾。なかでも糖尿病神経障害により足のアーチ構造の変化が生じる。立位歩行での足底面に作用する水平方向への Shear Stress と垂直方向での荷重圧が関与する。Shear Stress での評価は困難で過去の臨床報告はない。加重の垂直成分圧での足底圧分布異常が糖尿病神経障害で生じ、足潰瘍への進展因子とされている³⁾。糖尿病神経障害での足底圧異常は正に対して靴や靴下での対応が報告されてきた^{4)~10)}。市販靴下は薄く圧力緩衝能力がほとんどないが、靴下の編み方の工夫で立体的構造となりクッション性を持たせた靴下が開発された。糖尿病神経障害例での特殊靴下の有用性が報告されてきた。特殊靴下での足底部面積の増加や前足部の減圧が得られたとの報告があった。特殊機能靴下である ARKOSOX[®]を用いた筆者の結果では、接触面積の増加では DM 及び NDM 両方

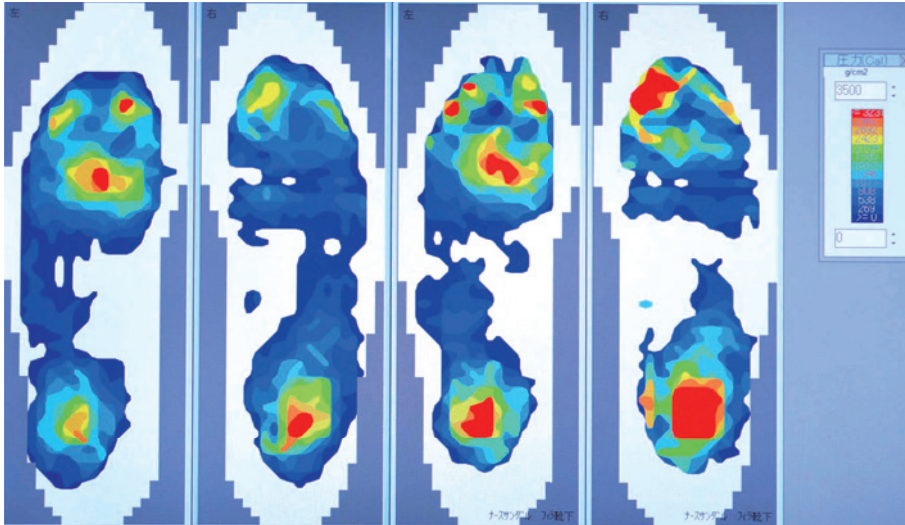


図5. 2次元での足底圧分布パターン。左図は機能性靴下 ARKOSOX®での結果で、右図は市販の非機能性靴下の福助製 FILA®での結果である。ARKOSOX®でのより足底圧減少効果が顕著である。

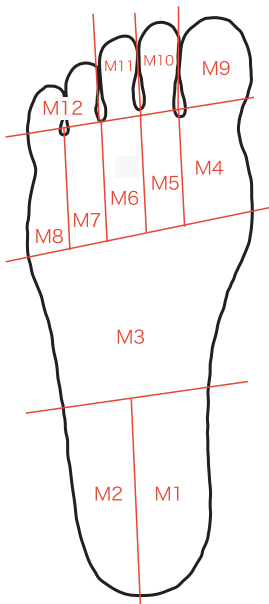


図6. 足底部分画：踵より足指にかけて12に区分し、各々の局所的評価が可能である。

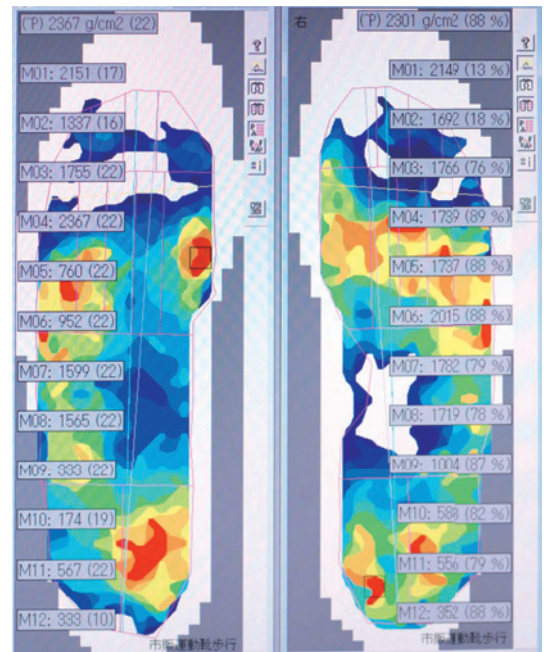
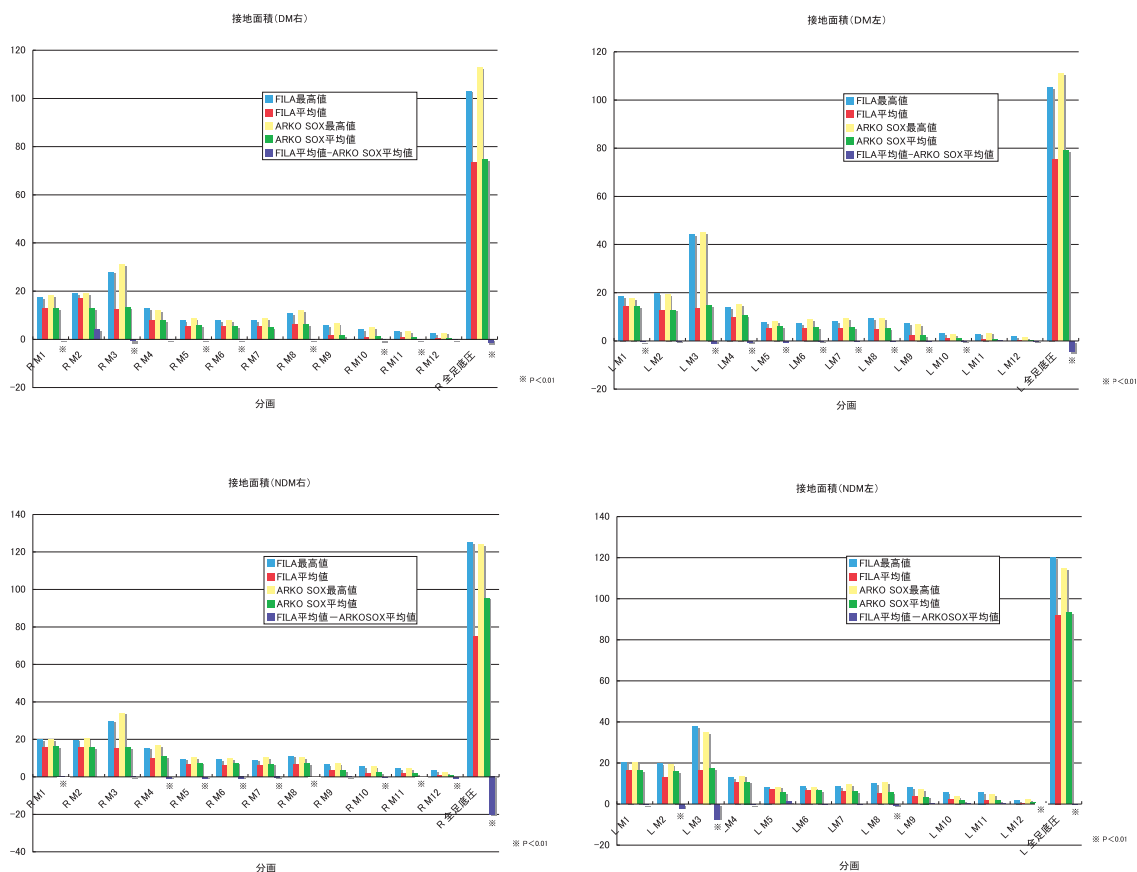


図7. ARKOSOX®をはき市販の運動靴で歩行した接触ピーク圧力分布図である

でみられたが、NDMの方でより多くみられた。DMでは特殊靴下での接触面積の増加はあるが軽微である。殊に前足部及び足趾部においてはARK-

OSOX®と FILA®とでは僅差であった。同様に接触ピーク圧はDMに比してNDMでFILA®よりARK-

表2. 接地面積



OSOX[®]での減少がより明らかであった。DMは全足底部接触ピーク圧はFILA[®]よりARKOSOX[®]で増加していた。足底分画別では前足部でDM及びNDMで圧の減少がARKOSOX[®]で多くみられた。足趾部での接触ピーク圧の減少は両群でみられた。

本研究と報告例との比較では対象の違いや足病変の異なりがあると思われる。本研究対象のDMでは変形と足病変が多く含まれ、靴下での減圧効果に制限があったことも一因と思われる。またDMでの履き物もロッカー底を含めた靴底の加工、クッション性の中敷きの使用及び靴型装具の使用があるため、前足部及び足趾の減圧効果が得られていることも影響しているものと思われる。同一の履き物で異なる靴下の使用でえられた結果であるが、全く同等の歩行状態であったかは疑問の残るところである。

ろである。

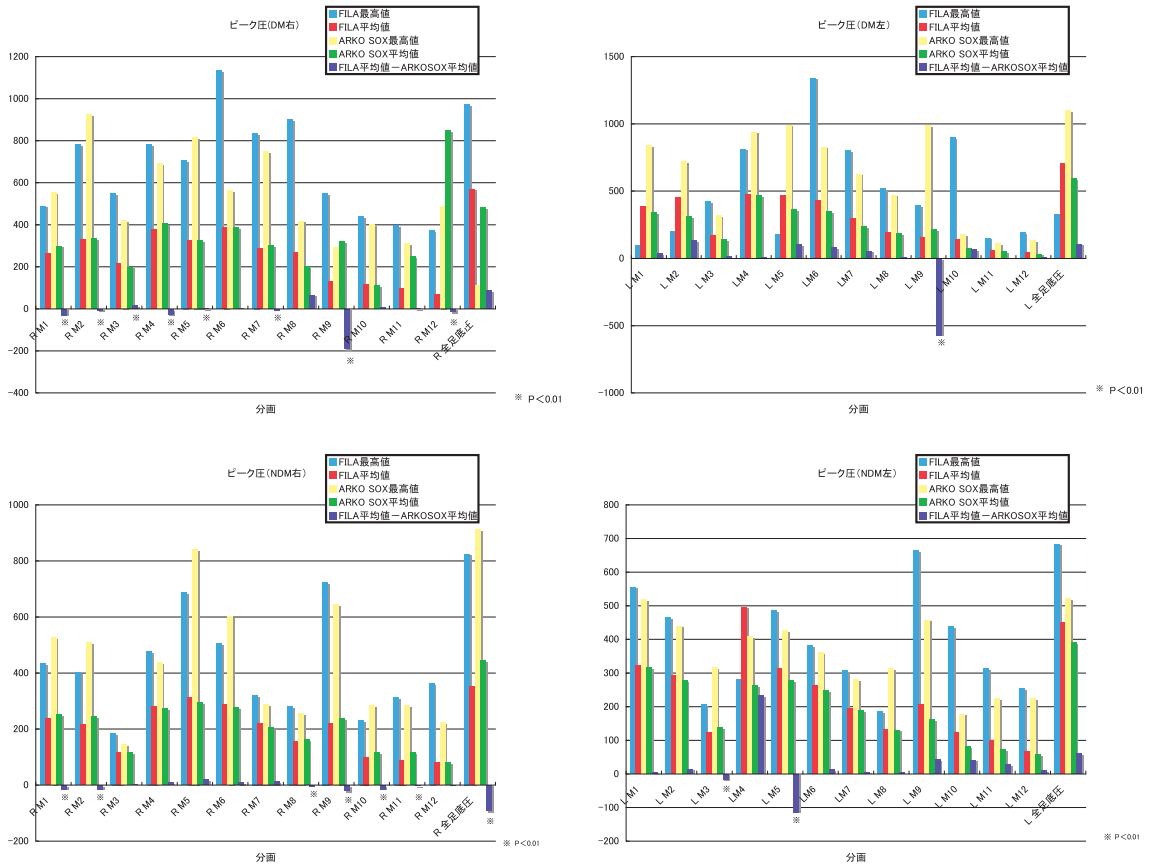
結 論

市販靴下FILA[®]に比して機能性特殊靴下であるARKOSOX[®]はDM及びNDMに対して足底部の接触面積の増加と接触ピーク圧の減少をもたらした。前足部や足趾でも同様の結果をえたが、FILA[®]とは僅差であった。足底圧異常を有する糖尿病足病変に対してARKOSOXによる足底圧減少効果は足病変に依存する個人差があるが有用と思われる。

最 後 に

糖尿病足病変に対する靴下の効能に関して本邦における大規模調査が望まれる。

表3. 接触ピーク圧 (kPa)



文 献

- 1) 新城孝道, 中谷文夫, 森田千尋他. 糖尿病車の足底圧異常に対する靴下の有用性の検討. 靴の医学 1992; 6: 90-2.
- 2) American Diabetes Association. Consensus development conference on diabetic foot wound care. 7-8 April 1999, Boston, Mass. Adv Wound Care 1999; 12: 353-61.
- 3) Veves A., Murray H. J., Young M. J., et al the risk of foot ulceration in diabetic patients with high pressure: a prospective study. Diabetologia 1992; 35: 660-663.
- 4) Veves A., Masson E., Fernando D et al. Use of Experimental Padded Hosiery to Reduce Abnormal Foot Pressures in Diabetic Neuropathy. Diabetes Care 1989; 12 (9): 653-5.
- 5) Vwves A., Masson E., Fernando D, et al. Studies of experimental hosiery in diabetic neuropathic patients with high foot pressure. Diabetic Medicine 1990; 7: 324-6.
- 6) Feldman CB., Davis ED.. Sockwear Recommendations for People With Diabetes. Diabetes Spectrum 2001; 14: 59-61.
- 7) Murray HJ, Veves A, Young MJ, et al. Role of experimental socks in the care of the high-risk diabetic foot. A multicenter patient evaluation study. American Group for the Study of Experimental Hosiery in the Diabetic Foot. Diabetes Care 1993; 16: 1190-2.
- 8) Flot S, Yamada W, McPoil T, et al. "The Effect of Padded Hosiery in Reducing Forefoot Plantar Pressures". The Lower Extremity 1995; 2: 201-6.
- 9) Blackwell B, Aldridge R, Jacob S. A comparison of plantar pressure in patients with diabetic foot ulcers using different hosiery. Int J Low Extrem Wounds 2002; 1: 174-8.
- 10) Garrow AP.. Preventive foot care socks can reduce in-shoe plantar pressure in high-risk diabetic patients: Diabetes in control. com. Diabetes Care 2005; 28: 2001-6.

転倒予防靴下が姿勢制御能力に与える影響

Influence of functional socks on postural control

¹⁾県立広島大学 保健福祉学部 理学療法学科

²⁾興生総合病院 リハビリテーション科

¹⁾Department of Physical Therapy, Faculty of Health and Welfare, Prefectural University of Hiroshima

²⁾Kosei General Hospital

長谷川正哉¹⁾, 金井 秀作¹⁾, 島田 雅史²⁾,

島谷 康司¹⁾, 沖 貞明¹⁾, 大塚 彰¹⁾

Masaki Hasegawa¹⁾, Shusaku Kanai¹⁾, Masashi Shimada²⁾, Koji Shimatani¹⁾,

Sadaaki Oki¹⁾, Akira Otsuka¹⁾

Key words : 靴下 (socks), 姿勢制御 (postural control), 足趾 (toe)

要 旨

転倒予防靴下が姿勢制御能力に与える影響について検討することを目的とした。健康男性 20 名を対象とし、裸足、市販靴下、足趾伸展矯正靴下、アーチサポート+足趾伸展矯正靴下の 4 条件下における片脚立位保持時間、両脚立位重心動揺、前方リーチ距離、前方リーチ時の重心移動距離の計測を行った。

その結果、裸足および市販靴下と比較し転倒予防靴下を着用した 2 条件では、片脚立位保持時間および前方リーチ時の重心移動距離が短縮しており、姿勢制御能力の低下が示唆された。姿勢制御能力低下の原因として、転倒予防靴下の矯正力が支持基底面の広さや力の伝達、足底感覚入力などに影響を及ぼし、安定性限界の狭小化を引き起こす可能性が推測された。

緒 言

近年、足部の機能を補助するための靴下が数多く市販されるようになり、高齢者を中心に注目を集めている。このような靴下の着用効果については、外反母趾等の足部アライメントの矯正¹⁾やトゥクリアランスの増大による踵き転倒予防²⁾などの有効性が報告されている。

しかし、これらの先行研究の多くは静的な形態の変化や動作の一側面を捉えたものであり、様々な活動を行うヒトに対する影響については多角的な視点から検討する必要がある。また、接地時において足部の形態は路面形状や荷重に応じて自由に変形・適合することが知られており³⁾、さらに、足趾および足部は感覚器や運動器として路面情報を知覚しながら姿勢制御を行うことが報告されている⁴⁾。しかし、靴下の持つ矯正力が足部および足趾部の運動や知覚に作用した場合、姿勢制御能力に影響が及ぶ可能性が予測される。そこで本研究では、転倒予防を目的とした靴下の着用が姿勢制御能力に与える影響について調査することを目的とした。

(2011/11/01 受付)

連絡先：長谷川正哉 〒723-0053 広島県三原市学園町
1-1 県立広島大学保健福祉学部理学療法学科
TEL&FAX 0848-60-1230
E-mail : m-hasegawa@pu-hiroshima.ac.jp

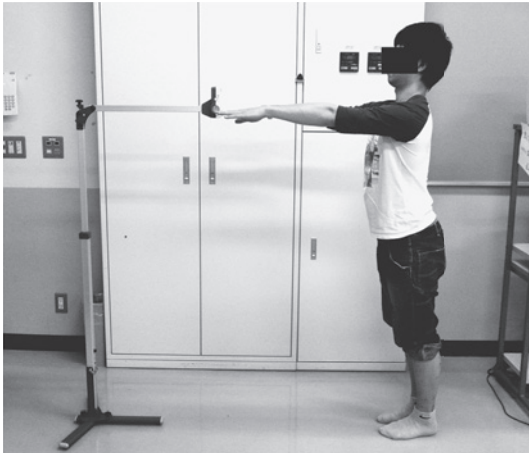


図 1. 足関節ストラテジによる Functional Reach Test

対象と方法

対象は健康成人男性 20 名とした(平均±標準偏差: 年齢 20.6 ± 1.4 歳, 身長 169.3 ± 5.1 cm, 体重 61.3 ± 6.5 kg, 足長 24.4 ± 1.0 cm). なお, 対象者は静止立位や動作に影響を及ぼす神経学的あるいは整形外科的疾患の既往がない者とした. 被験者には本研究の目的・意義について十分説明し, 同意を得た後に実験を行った.

実験条件は裸足, 市販靴下, パッケージに足趾が $10 \sim 15^\circ$ 伸展すると記載のある靴下 (以下, 転倒予防靴下①), パッケージに足趾が軽度伸展しアーチが持ち上がると記載のある靴下 (以下, 転倒予防靴下②) の 4 条件とし, 各条件下における片脚立位保持時間, 閉眼両足立ち時の重心動揺, Functional Reach Test (以下, FRT) 距離及び FRT 時の重心位置の計測を行った. なお, 実験終了後に靴下の着用感について自由記述によるアンケート調査を行った.

計測方法について, まず片脚立位保持時間の評価には村田らの方法を用い⁵⁾, 支持脚は利き足とした. 直径 2 cm の黒点を目線の高さに合わせて 2 m 前方の壁面に設置した後, この黒点を注視させた状態で片脚立位保持時間の計測を行った.

次に閉眼両足立ちの重心動揺の計測には, win-

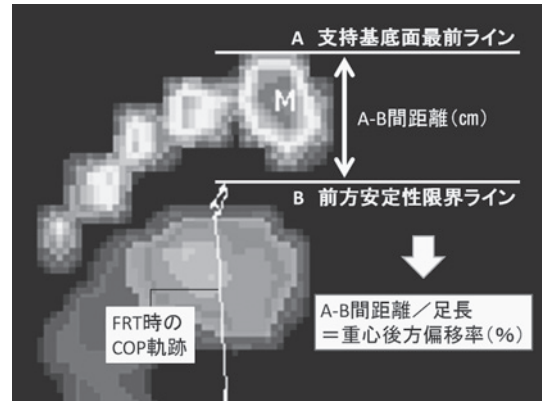


図 2. 重心後方偏移率の抽出方法

pod (サンプリング周波数 100Hz) を使用した. 被験者には前方の指標を注視させた状態での頭位を保持させたまま閉眼させ, 30 秒間の測定を行った. 測定項目は総軌跡長, 単位面積軌跡長, 単位時間軌跡長, 外周面積, 実効値面積とした.

FRT 距離, FRT 時の重心位置の評価には, ファンクショナルリーチ計測器 (オージー技研株式会社製) および win-pod を使用した. 踵が離れないこと, 体幹の前傾および股・膝関節の屈曲が生じない様に指示し, 足関節ストラテジによる前方リーチ距離の計測を行った. (図 1) FRT 時の重心位置の解析については, 得られた足底圧中心軌跡 (以下, COP 軌跡) のデータを用いた. まず母趾先端から COP 軌跡が最も前方に移動した点までの距離を抽出した後, これを各対象者の足長で除した値を重心後方偏移率⁶⁾として求めた. (図 2)

実験手順は 1) 身長, 体重, 年齢の測定・記入, 2) フットゲージを用いた裸足での足長計測, 3) 片脚立位保持時間の計測, 4) 閉眼両足立ち時の重心動揺計測, 5) FRT 距離の計測, 6) FRT 時の重心位置の計測, 7) 自由記述によるアンケート調査とした. また, 4 条件の順および片脚立位保持, 閉眼両足立ち, FRT の各測定項目順はランダムとし, 各条件および計測間には 2 分間の休憩を設けた. なお, 統計処理には Kruskal-Wallis 検定及び Steel-Dwass による多重比較を用い, 統計学的有意水準

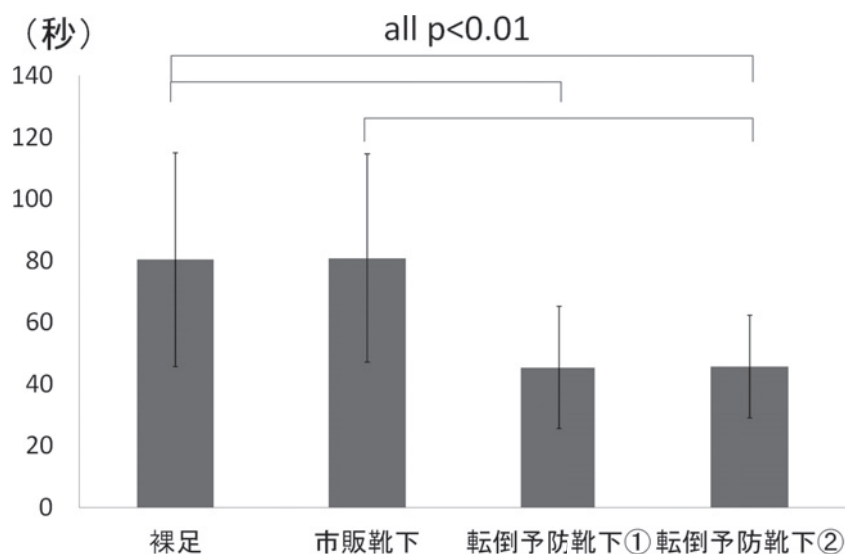


図 3. 片脚立位保持時間

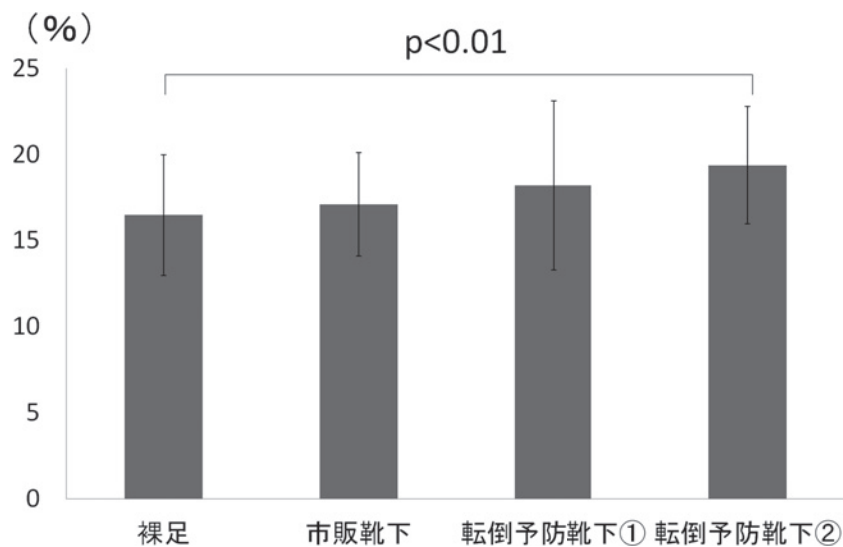


図 4. 重心後方偏移率

は危険率 5% 未満とした。

結 果

片脚立位保持時間は、裸足 81.6 ± 33.4 秒、市販靴下 78.1 ± 34.7 秒、転倒予防靴下① 53.1 ± 30.0 秒、転倒予防靴下② 49.6 ± 27.5 秒となり、裸足と比較し転倒予防靴下①、転倒予防靴下②、また、市販靴下

と比較し転倒予防靴下②にて有意な短縮が認められた。(図 3)

次に、閉眼両足立ちの重心動揺では、総軌跡長、単位面積軌跡長、単位時間軌跡長、外周面積、実効値面積のいずれにおいても有意差は認められなかった。また、FRT 距離においても同様に有意差は認められなかった。

一方、FRT 時の重心後方偏移率は、裸足 $16.5 \pm 3.5\%$ 、市販靴下 $17.1 \pm 3.0\%$ 、転倒予防靴下① $18.2 \pm 4.9\%$ 、転倒予防靴下② $19.4 \pm 3.4\%$ となり、裸足と転倒予防靴下②間に有意差を認めた。また、裸足と転倒予防靴下①間ではばらつきが大きく有意差は見られなかったが増加する傾向を認め、転倒予防靴下着用下では重心の前方移動が制限されることが示された。(図 4)

また、アンケート調査の結果、転倒予防靴下①着用時には「足趾がそる」「足趾が曲がらず違和感があり、力が入りにくい」「FRT 時に前方に行きにくい」との回答が見られた。反対に、「爪先立ちでは足趾に力が入りやすい」との回答も見られた。転倒予防靴下②着用時では、「土踏まずが上がる」「2～5 趾が動かしにくい」「片脚立位時に左右への動揺が大きくなり、バランスがとりにくい」「つま先への荷重ができなかった」との回答が見られた。しかし「母趾に力が入りやすい」「裸足より安定していた」という回答も見られた。転倒予防靴下①②に共通した意見として、「地面に触れる場所が減った」「足のサイズが小さくなった」との回答が見られた。

考 察

靴下に関する先行研究についてはアライメントの補正¹⁾やトゥクリアランスの増大による転倒予防²⁾など肯定的な報告が多い。しかし、本研究結果より、転倒予防を目的とした靴下着用中における片脚立位保持時間の短縮、FRT 時における重心の後方偏移が認められ、転倒予防靴下が姿勢制御能力に影響を及ぼすことが示された。

転倒予防靴下着用時に姿勢制御能力が低下する原因として、まず支持基底面積の狭小化と足趾部の接触圧の減少が推測される。本研究で用いた転倒予防靴下はいずれも足趾伸展方向への矯正力を有しており、伸展矯正力が足趾の屈曲に拮抗した場合、支持基底面積の狭小化および接触圧の減少を引き起こす可能性が考えられる。先行研究により足趾は支持基底面を形成し安定性限界を拡げる

事が知られており、足趾部の不接地により歩行中⁶⁾や FRT 時の重心前方移動能力が低下する事が報告されている⁷⁾。また、片脚立位における姿勢制御能力と足趾把持力に関する先行研究では、足趾の屈曲が立位姿勢制御において重要な役割を担う事が報告されており⁵⁾、転倒予防靴下着用条件では、これらの支持基底面積の狭小化や接触圧の低下がおり片脚立位時間の短縮や FRT 時における重心の後方偏移につながるものと考えられた。

また、これらの支持基底面の狭小化や接触圧の減少に加え、転倒予防靴下が有するボール部での圧迫力および足趾伸展強制力が被験者の足底感覚に影響を及ぼす可能性が考えられる。実際に被験者からは「足趾が反る」、「地面に触れる場所が減った」、「足のサイズが小さくなった」などの回答が寄せられた。足底感覚と姿勢制御の関係については、足底感覚障害者の重心位置の変化⁸⁾、足底感覚入力の変化に伴う重心動揺の変化⁹⁾など過去に多くの研究が行われており、本研究においても転倒予防靴下着用による足底感覚の変化が姿勢制御能力に影響を及ぼす可能性が考えられた。

最後に、本研究では転倒予防靴下着用中の不安定感の訴えがある一方で、「足趾に力が入りやすい」、「裸足より安定していた」と肯定的な意見を述べる被験者もあり、個人の足部形態や機能、動作時の足部の使い方、着用感に対する慣れなど、複数の要因が関与しているものと考えられる。特に、高齢者では足趾筋力が健常成人の 50% 程度と報告されていることから¹⁰⁾、転倒予防靴下の持つ圧迫力や足趾伸展矯正力が足部形態や運動、足底感覚により強い影響を及ぼす可能性が考えられる。また、本研究では足趾機能および足部形態に異常の無い健常成人を対象としており、姿勢制御能力の低下した障害者や高齢者では異なった結果に至る可能性が考えられる。そのため、転倒予防靴下着用時には対象者の身体機能や使用環境、目的動作などを把握し、着用中の姿勢制御能力に対する評価を十分に行う必要があり、転倒予防靴下の適応について慎重に検討すべきと考える。

結 論

転倒予防靴下が姿勢制御能力に及ぼす影響について検討した。結果、転倒予防靴下着用時における姿勢制御能力の低下が確認され、靴下着用による支持基底面の狭小化や接触圧の減少、足底感覚入力の変化などが原因と推測された。現在、転倒予防靴下着用による有効性が多く報告されているが、靴と同様に転倒予防靴下においても肯定的・否定的な側面から事象を捉えることが重要であり、転倒予防靴下の着用においては対象者の身体機能や使用環境、目的動作を含めその適応を慎重に検討すべきと考える。

文 献

- 1) 宮田重樹. 外反母趾に対してファイブコンフォートCSソックスは有用か. 日臨整誌 2010;35:111-7.
- 2) 神谷奈津美, 浦辺幸夫, 新宅悦雄. 転倒予防靴下着用

による母趾伸展角度, 足関節背屈角度の変化. 靴の医学 2009;22:1-6.

- 3) Neumann DA. 足関節と足部. 筋骨格系のキネシオロジー. 第1版. 嶋田智明, 平田総一郎(監訳). 東京: 医歯薬出版; 2005. 501-46.
- 4) 加辺憲人. 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. 理学療法科学 2002;17:199-204.
- 5) 村田 伸. 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連—健常女性を対象とした検討—. 理学療法科学 2004;19:245-9.
- 6) 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作他. 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響. 理学療法科学 2010;25:437-41.
- 7) 金井秀作, 長谷川正哉, 島谷康司他. 高齢者の立位バランスに靴の着用は影響する. 靴の医学 2008;21:60-4.
- 8) 地神裕史, 田中尚喜. 足底感覚と足圧分布. 理学療法 2006;23:1237-45.
- 9) 浅井 仁, 藤原勝夫. 足底各部位を冷却した場合の姿勢調節の変化. 体力科学 1995;44:503-11.
- 10) 村田 伸, 甲斐義浩, 田中真一. 健常成人と高齢者における足把持機能の比較. 理学療法科学 2007;22:341-4.

転倒予防靴下による歩行能力の変化—加速度計を用いた分析—

The change of gait ability with fall down prevention socks

¹⁾サザンクリニック整形外科・内科

²⁾広島大学大学院保健学研究科

³⁾(株) コーポレーションパールスター

¹⁾Southern Clinic Orthopedics and Internal Medicine

²⁾Dept. of Sports Rehabilitation, Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

³⁾Pearl Star Co., Ltd

篠原 博¹⁾²⁾, 浦辺 幸夫²⁾, 前田 慶明²⁾, 藤井 絵里²⁾

笹代 純平²⁾, 高井 聡志²⁾, 新宅 悦雄³⁾

Hiroshi Shinohara¹⁾²⁾, Yukio Urabe²⁾, Noriaki Maeda²⁾, Eri Fujii²⁾,

Junpei Sasada²⁾, Satoshi Takai²⁾, Etsuo Shintaku³⁾

Key words : 加速度計 (accelerometer), 歩行分析 (gait analysis), 転倒予防靴下 (fall prevention socks)

要 旨

本研究は、転倒予防靴下による歩行能力の変化を加速度波形から分析し、転倒につながる因子を検証することを目的とした。高齢者の腰部に取り付けた3軸加速度計から踵接地時間を割り出し、重複歩時間を算出した。5歩行周期分の重複歩時間から変動係数を算出し、裸足、市販靴下、転倒予防靴下の3条件で比較した。10m歩行時間は3条件間で差は認められなかったが、重複歩時間の変動係数は転倒予防靴下が裸足、市販靴下に比べて有意に低い値を示した($p < 0.05$)。転倒予防靴下の場合、足趾伸展、足関節背屈補助機能があるため、足部のクリアランスが一定に保たれると考える。結果として歩調が安定した可能性が示唆された。

1. 緒 言

高齢者が寝たきりなどの要介護状態になる主な原因として、転倒や転倒に起因する骨折がある¹⁾。高齢者の転倒原因の70%は運動中に生じているといわれている²⁾。そのため、転倒を予測し、未然に防ぐことは重要な課題であり、歩行分析の結果から転倒の減少につながるような対策を講じることが必要である。近年、転倒リスクの評価として歩行中の不安定性を評価する歩行変動(gait variability)が注目されている³⁾。

歩行変動とは、歩行速度や歩幅などの変動係数のことを指している。この変動係数の数値が大きければ、その変数が不安定であることになる。高齢者の歩行変動に関しては重複歩時間の変動係数が高くなるという報告や³⁾、転倒経験者では歩行変動が増加するという報告がある⁴⁾。

筆者らの研究グループは、コーポレーションパールスター社と共同で高齢者の転倒予防を目的として足趾伸展機能、足関節背屈補助機能を有する転

(2011/10/25 受付)

連絡先: 篠原 博 〒730-0833 広島県広島市中区江波本町 5-28 サザンクリニック整形外科・内科
TEL 082-234-5557 FAX 082-234-5558
E-mail hiroshinohara@rock.odn.ne.jp

倒予防靴下を開発した。この転倒予防靴下を装着することで歩行時の足趾伸展角度が大きくなるという報告はあるが⁵⁾、歩行変動に関する報告は見当たらない。

本研究は、高齢者において裸足、市販靴下、転倒予防靴下の3条件での歩行時に加速度計から得られる踵接地時の波形を分析し、重複歩時間とその変動係数を算出し、転倒予防靴下の効果を検証することを目的とした。仮説として、転倒予防靴下では重複歩時間の変動係数が小さくなると考えた。

2. 対象と方法

対象は60歳以上の健康高齢者6名(男性3名、女性3名)とした。対象のプロフィールは、年齢

(Mean $\pm$ SD) 72.2 $\pm$ 7.5 歳、身長 156.5 $\pm$ 8.3cm、体重 52.2 $\pm$ 5.2kg であった。

全対象に本研究の趣旨と内容を十分に説明し、紙面によって同意を得た。なお、本研究はサザンクリニック整形外科・内科倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号 1102)。

課題は平地 10m の自由歩行とした。対象は裸足、市販靴下、転倒予防靴下の3条件にて歩行した。靴下の有無による摩擦の程度から歩容が変化することを考慮し、滑りにくいゴム製のシートの上を歩行するように設定した。解析項目は 10m 歩行時間、重複歩時間、重複歩時間の変動係数とした。対象の第3腰椎レベルにベルトを用いてワイヤレス3軸加速度計(RSnetwork, (有)アルニク製、図1)を固定し、歩行時の加速度を測定した。サンプリング周波数は 200Hz とした。

重複歩時間の解析方法は前後方向に生じる加速度波形から踵接地時期を割り出すことにより重複歩を特定し、解析に使用した。踵接地の特定は Selles らの方法を参考にして行った⁶⁾。(図2)10m 歩行時の4歩行周期目以降の5歩行周期分の重複歩時間を算出した。変動係数は標準偏差を平均値で除した値とした。

転倒予防靴下は、足趾伸展、足関節背屈補助機能を有しており、つま先をあげることで転倒予防効果を得ることを目的としている。転倒予防靴下

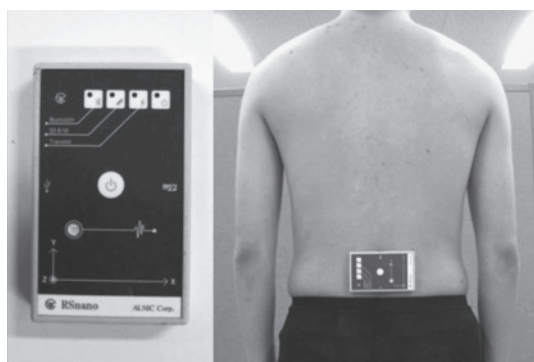


図1. 測定に使用したワイヤレス3軸加速度計
対象の第3腰椎レベルにベルトを用いて固定する。

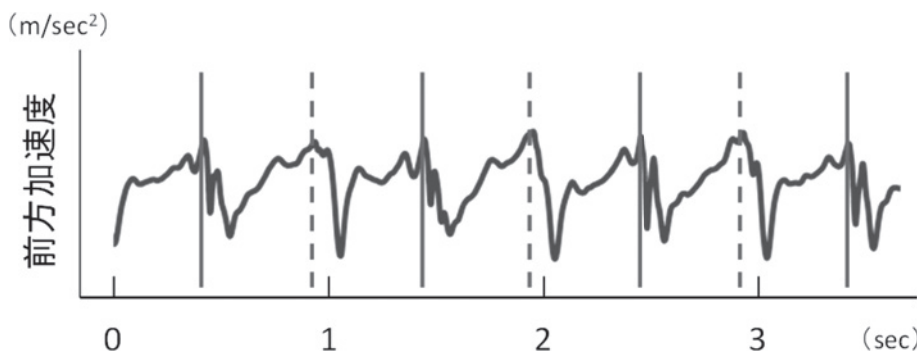


図2. 加速度波形から踵接地時間を分析する方法

図は前後方向の加速度波形を表す。実線は右側の踵接地、破線は左側の踵接地を表す。実線から実線まで、破線から破線までが1歩行周期(重複歩)であり、その間の時間が重複歩時間である。



図3. 転倒予防靴下

足背部と踵上部はストレッチの少ないタック編み、足底面はストレッチの効いたあぜ編み構造となっており、足趾の伸展を促通している。

の構造は、ストレッチの少ないタック編みとストレッチの効いたあぜ編みを組み合わせることで足趾の伸展を促通している。(図3)

統計学的分析にはエクセルアドインソフト(Statcel 2, オーエムエス出版)を使用した。対応のある一元配置分散分析を用い、10m 歩行時間、1 重複歩時間、重複歩時間の変動係数について高齢者の裸足、市販靴下、転倒予防靴下でそれぞれの値を比較した。有意水準は5% 未満とした。

3. 結 果

高齢者の裸足での10m 歩行時間は 10.85 ± 2.49 秒、市販靴下では 10.72 ± 2.51 秒、転倒予防靴下では 10.10 ± 1.97 秒であり、有意な差を認めなかった。

高齢者の裸足での1 重複歩時間は 1.03 ± 0.03 秒、市販靴下では 1.02 ± 0.03 秒、転倒予防靴下では 1.00 ± 0.01 秒であり、有意な差を認めなかった。

高齢者の裸足での重複歩時間の変動係数は $2.91 \pm 1.12\%$ 、市販靴下では $3.10 \pm 1.17\%$ 、転倒予防靴下では $1.29 \pm 0.42\%$ であり、転倒予防靴下を装着した場合、裸足と市販靴下に比べ有意に変動係数が低下した ($p < 0.05$, 図4)。

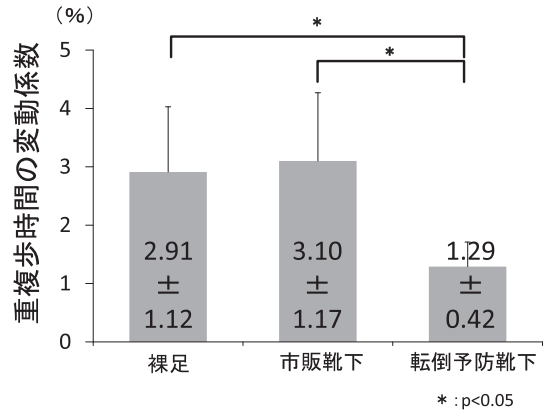


図4. 重複歩時間の変動係数の比較

転倒予防靴下を装着した場合、裸足と市販靴下に比べ、有意に変動係数が低下した ($p < 0.05$)。

4. 考 察

本研究の結果から、高齢者では裸足や市販靴下と比較し、転倒予防靴下を装着することで重複歩時間の変動係数が低下することを認めた($p < 0.05$)。この重複歩時間の変動係数の低下は歩行のリズムが一定となり、歩行時の不安定性が軽減したためと考える。

転倒予防靴下を装着することで重複歩時間の変動係数が低下した理由として、Makiは高齢者の重複歩時間の変動係数は転倒恐怖感との間に正の相関があるとしており、その要因の一つとして重複歩距離の短縮をあげている⁷⁾。つまり、転倒恐怖感が強い場合、重複歩距離を短縮した歩容となる。そのような通常と異なる重複歩距離では歩行のリズムが安定せず、重複歩時間の変動係数が高くなるということが考えられる。転倒予防靴下を装着した場合、足部のクリアランスが変化して重複歩時間の変動係数が低下したと推察する。高齢者の足部のクリアランスは若年者と比較して低いことが報告されており⁸⁾、転倒予防靴下の足趾伸展、足関節背屈補助機能から足部のクリアランスが高まることで重複歩距離は延長した可能性がある。その結果、重複歩時間の変動係数を低下させることにつながったのではないかと考える。また、転倒

予防靴下により歩行時の遊脚相において足趾伸展、足関節背屈角度が一定に保たれたため、歩幅が一定となり、結果として各歩行周期の重複歩時間の変動が低下したことも一因であろう。

1 歩行周期時間に関しては、裸足、市販靴下、転倒予防靴下の間に有意な差は認められなかった。この理由として、本研究で対象とした高齢者は杖などを必要とせず独歩が可能ないわゆる健康な高齢者であったという点があげられる。若年者と健康高齢者を対象とした先行研究では、若年者の自由歩行の1歩行周期時間は1.04秒、高齢者では0.96秒とされている³⁾。本研究でも高齢者の裸足歩行では1.03秒とほぼ同等の値を示しており、この結果は妥当であると考えた。また、重複歩時間の変動係数は健康高齢者では2.14%、若年者では1.84%であり、有意な差があったとしている³⁾。本研究の結果では裸足で2.91%、転倒予防靴下装着時では1.29%となり、転倒予防靴下を装着した際には若年者よりも歩行リズムが安定している可能性も示唆された。

本研究の限界として、対象とした高齢者が健康であり、転倒の危険性を有する高齢者を測定対象としていないことがあげられる。転倒の危険性が高い虚弱高齢者では、転倒予防靴下装着時の歩行変動を改善させる効果がより著明に出現する可能性があるが、これは推測の域を脱しない。今後、虚弱高齢者や転倒経験を有する高齢者を対象として測定することで転倒予防靴下の効果をさらに検証していきたい。また、歩行時の遊脚相における足趾伸展、足関節背屈角度に関する変動係数を明らかにすることで、本研究の結果をさらに解明していきたいと考える。転倒予防靴下の効果をより明確にすることで保健学、理学療法学、介護など

の方面で転倒予防の一助となることを願う。

5. 結 語

1. 裸足、市販靴下、転倒予防靴下での歩行時間、重複歩時間の変動係数を測定した。
2. 10m 歩行時間は3条件間で有意な差はなかったが、重複歩時間の変動係数は転倒予防靴下が裸足、市販靴下に比べて有意に低い値を示した。
3. 転倒予防靴下ではつま先をあげる効果に加えて、歩調を一定にする効果がある可能性が示唆された。

文 献

- 1) Friedman SM, Munoz B, West SK, et al. Falls and fear of falling : which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. J Am Geriatr Soc 2002 ; 50 : 1329-35.
- 2) Cali CM, Kiel DP. An epidemiologic study of fall-related fractures among institutionalized older people. J Am Geriatr Soc 1995 ; 43 : 1336-40.
- 3) 三好寛和, 衣笠 隆, 漆畑俊哉他. 中高齢女性の重複歩時間変動と転倒歴との関連. 体力科学 2011 ; 60 : 121-32.
- 4) Hausdorff JM, Edelberg HK, Cudkowicz ME, et al. The relationship between gait changes and falls. J Am Geriatr Soc 1997 ; 45 : 1406.
- 5) 神谷奈津美, 浦辺幸夫, 新宅悦雄他. 転倒予防靴下着用による母趾伸展角度, 足関節背屈角度の変化. 靴の医学 2008 ; 22 : 1-6.
- 6) Selles RW, Formanoy MA, Bussmann JB, et al. Automated estimation of initial and terminal contact timing using accelerometers ; development and validation in transtibial amputees and controls. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng 2005 ; 13 : 81-8.
- 7) Maki BE. Gait changes in older adults : predictors of indications of fear. J Am Geriatr Soc 1997 ; 45 : 313-20.
- 8) 丸山仁司. 高齢者の運動機能と歩行. 理学療法学 1999 ; 14 : 101-5.

外反母趾に対する機能靴下の外反母趾角矯正効果の検討

Examination of the hallux valgus angle correction effect of functional socks on hallux valgus

宮田医院

Miyata Clinic

宮田 重樹

Shigeki Miyata

Key words : 外反母趾 (hallux valgus), 機能靴下 (functional socks), 外反母趾角 (hallux valgus angle)

要 旨

当院にて外反母趾治療に使用している機能靴下コンフォートサポートソックス® (CS ソックス) の外反母趾治療の有効性を検討する目的で外反母趾角改善効果を調査した。

外反母趾 141 足を対象に、非荷重時レントゲンにて装着による外反母趾角矯正効果および装着前の外反母趾角、M1-M2 角によって矯正効果に有意差があるか検討した。

機能靴下装着による外反母趾角矯正効果は、 -3.1° から 25.3° 平均 10° で、 3° 以上矯正効果が 92.2% を占めた。

装着前外反母趾角、M1-M2 角の程度による矯正角度には、有意差がなかった。

CS ソックスは、外反母趾角、M1-M2 角の程度によらず、良好な外反母趾角改善効果が得られた。

緒 言

外反母趾治療の保存療法として靴や足底板は重視されているが、靴下は軽視されており、靴下による外反母趾治療に関する報告は少ない。

当院にて外反母趾治療に使用しているファイブコンフォート社の機能靴下コンフォートサポートソックス® (CS ソックス) の外反母趾治療の有効性を検討する目的で、外反母趾症例に対する外反母趾角改善効果を調査した。

CS ソックスの特徴は、5 本趾ソックスで繊維、編み方を工夫することで MP 関節を外転させ、中足骨を内転させる構造になっていることである。

対 象

H22 年当院を受診した外反母趾 141 足を対象とした。年齢は 10 才から 82 才平均 58.4 才、男性 3 足女性 138 足であった。

方 法

CS ソックス装着前と装着後の非荷重時レントゲンを撮影し、装着前の外反母趾角と M1-M2 角、装着後の外反母趾角を計測した。

装着による外反母趾角の改善が 3° 未満を不変、

(2011/10/28 受付)

連絡先 : 宮田 重樹 〒584-0083 大阪府富田林市小金台 1-11-26 富田医院
TEL 0721-29-2387 FAX 0721-29-2693
E-mail miyata@myclinic.ne.jp

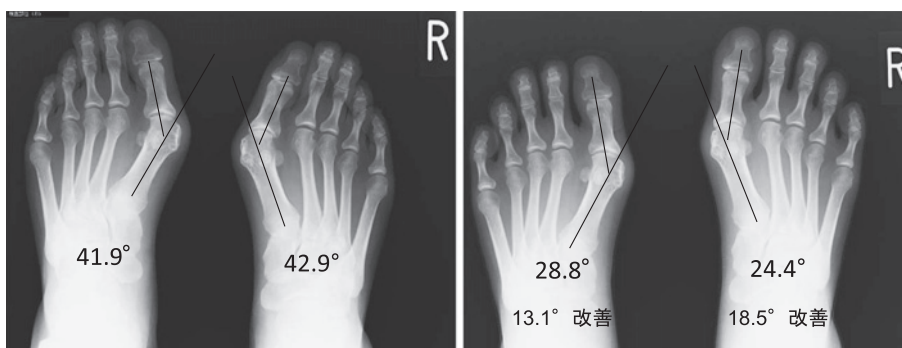


図 1. 41 歳女性 装着前外反母趾角 右 42.9° 左 41.9° 装着後外反母趾角右 24.4° 18.5° の改善, 左 28.8° 13.1° の改善

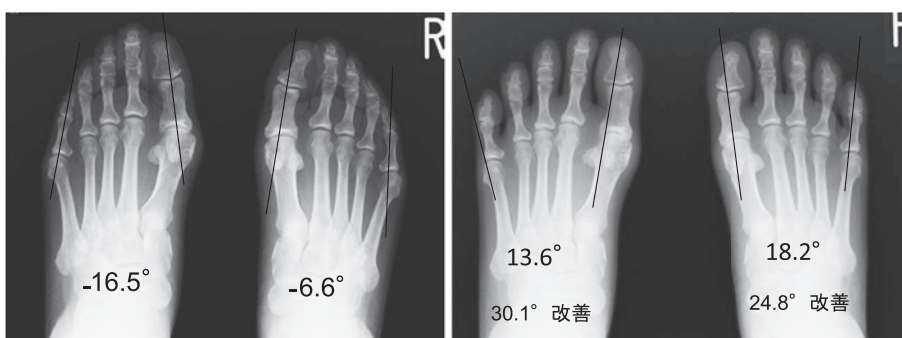


図 2. 60 才女性 装着前 P1-P5 角 右 -6.6° 左 -16.5° 装着後 P1-P5 角右 18.2° 24.8° 改善, 左 13.6° 30.1° 改善

3° 以上 10° 未満を有効, 10° 以上を著効とし, 機能靴下装着による外反母趾角矯正効果を調べた。

次に, 外反母趾角を 20° 以上 30° 未満群 72 足, 30° 以上 40° 未満群 47 足, 40° 以上群 22 足に分け, 各群で機能靴下の外反母趾角矯正効果に有意差があるか検討した。

合わせて, 各群の外反母趾角 20° 未満に改善した割合も検討した。

さらに, M1-M2 角を 10° 未満群 58 足, 10° 以上 15° 未満群 60 足, 15° 以上群 24 足に分け, 各群で機能靴下の外反母趾角矯正効果に有意差があるか検討した。

結 果

機能靴下装着による外反母趾角矯正効果は, -3.1°

から 25.3° 平均 10° であった。

不変 11 例 (7.8%) 有効 48 例 (34.0%), 著効 82 例 (58.1%) で, 有効以上が 92.2% を占めた。

装着前外反母趾角による矯正角の差を調べた結果, 外反母趾角 20° 以上 30° 未満群の外反母趾角矯正効果は -2.2° から 17.5° 平均 9.1°, 30° 以上 40° 未満群の外反母趾角矯正効果は -2.3° から 25.3° 平均 11.9°, 40° 以上群の外反母趾角矯正効果は -3.1° から 19.7° 平均 11.4° で, 各群間で矯正角度に有意差はなかった。

装着前外反母趾角による矯正角の差を調べた結果, 外反母趾角 20° 以上 30° 未満群の外反母趾角矯正効果は -2.2° から 17.5° 平均 9.1°, 30° 以上 40° 未満群の外反母趾角矯正効果は -2.3° から 25.3° 平均 11.9°, 40° 以上群の外反母趾角矯正効果は -3.1°

から 19.7° 平均 11.4° で、各群間で矯正角度に有意差はなかった。

外反母趾角 20° 未満に改善した症例を調べた結果、外反母趾角 20° 以上 30° 未満群 72 足中 59 例 (81.9%)、外反母趾角 30° 以上 40° 未満群 47 足中 14 例 (29.8%)、外反母趾角 40° 以上群 22 足中 0 例 (0%) で、外反母趾角 20° 未満に改善した症例は、30° 未満群に多く 40° 以上群は皆無であった。

装着前 M1-M2 角による矯正角の差を調べた結果、10° 未満群の外反母趾角矯正効果 9.7°、10° 以上 15° 未満群の外反母趾角矯正効果 10.8°、15° 以上群の外反母趾角矯正効果 11° で、各群間で矯正角度に有意差はなかった。

症例 1: 41 歳女性。装着前外反母趾角右 42.9°、左 41.9°、装着後外反母趾角右 24.4° で 18.5° の改善、左 28.8° で 13.1° の改善が見られた。(図 1)

考 察

外反母趾ガイドライン¹⁾によると、変形矯正を目的とした装具療法では、装着中外反母趾角 3-7° 程度の変形矯正効果を期待できる (Grade C)、と記載されている。

CS ソックスは、外反母趾角改善角度を平均 10° 変形矯正効果があり、さらに外反母趾角、M1-M2 角の角度によらず良好な変形矯正効果が得られ、外反母趾の装具療法として有用な手段である。

著者は外反母趾角 20° 以上の外反母趾患者 26 症例 46 足を検討し、CS ソックス装着によって外反母趾角は、-2° から 25.3° 平均 10.4° の改善があり、M1-M2 角の改善は -1.5° から 4.9° 平均 1.1°、M1-M5 角の改善は -2.8° から 7.8° 平均 1.5° であっ

たが、P1-P5 角の改善は 3.9° から 35.7° 平均 20.4° であり、MP 関節を外転させる作用が外反母趾角の改善に関与していると報告した²⁾。(図 2)

一般の靴下は前足部にあるゴムのため MP 関節を内転させる構造になっており、外反母趾にとって相応しくない。それに対し、5 本趾ソックスは MP 関節を内転させることがなく、靴、足底板治療に際しても薦めるべきである。

さらに、MP 関節を外転させ、中足骨を内転させる構造の機能靴下は、装具療法に勝るとも劣らない効果があると判明した。

しかし、外反母趾角 20° 以上 30° 未満群 72 足中 14 例 (19.4%)、30° 以上 40° 未満群 47 足 4 例 (8.5%)、40° 以上群 22 足 4 例 (18.1%) が、外反母趾角矯正効果が 5° 未満に留まり課題を残した。

結 語

1. CS ソックスは、外反母趾角、M1-M2 角の程度によらず、良好な外反母趾角改善効果が得られた

2. 外反母趾角 20° 未満の正常域にまで改善が期待できるのは、外反母趾角 20° 以上 30° 未満群であった

3. 外反母趾角 20° 以上 30° 未満群 19.4%、30° 以上 40° 未満群 8.5%、40° 以上群 18.1% が、外反母趾角矯正効果が 5° 未満に留まり課題を残した

文 献

- 1) 大関 覚他. 外反母趾診療ガイドライン. 外反母趾診療ガイドライン策定委員会. 東京: 南江堂; 2008.
- 2) 宮田重樹. 外反母趾に対してファイブコンフォート CS ソックスは有用か. 日臨整誌 2010; 36: 111-7.

転倒予防靴下を着用した際の足関節の背屈角速度の変化

Change of the angular velocity of the ankle joint with wearing fall prevention socks

広島大学大学院保健学研究科

Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

高井 聡志, 浦辺 幸夫, 前田 慶明,
篠原 博, 笹代 純平, 藤井 絵里

Satoshi Takai, Yukio Urabe, Noriaki Maeda
Hiroshi Shinohara, Junpei Sasadai, Eri Fujii

Key words : 転倒 (fall), 靴下 (socks), 足趾伸展 (hallux extension), 角速度 (angular velocity)

要 旨

高齢者の転倒予防のために開発された, 転倒予防靴下での運動を解析し, さらに前脛骨筋の筋活動量変化を検討した. 対象は, 健康成人女性4名, 男性5名, 計9名9足であった. 課題動作は, 高さ20cm台への昇段動作とし, 裸足, 市販靴下, 転倒予防靴下の3条件で課題を実施した. 結果, 転倒予防靴下の着用で, 段差昇段時の母趾 MTP 関節の伸展角度, 足関節の背屈角度, 足関節の背屈角速度は有意に増加した. また, その時の前脛骨筋の筋活動量が, 他の条件と比較し増加する傾向を示した. 転倒予防靴下の着用が, 足関節の背屈角度を増大させるだけでなく, 素早い背屈運動を可能にし, 転倒の予防につながるのではないかと考える.

緒 言

高齢者の転倒は, つまずきによるものが多く, 原因のひとつに足趾, 足関節の可動域の減少が報告されている¹⁾. 加えて, 室内の転倒では居間や玄関での段差につまずきやすい²⁾. 一度, 転倒が起ると, 大腿骨頸部骨折などの重大事故につながり, それがきっかけで寝たきりになる高齢者が存在することが知られている³⁾. また, 転倒経験のある高齢者は, 転倒恐怖から, なかなか日常生活の活動量を向上させることができない³⁾. 以上のことを踏まえて, 虚弱高齢者が低運動状態から抜け出し, 転倒を予防する対策が必要になると考えられる.

筆者らは, 高齢者の転倒予防を目的として株式会社コーポレーションパルスター社と, 広島大学が共同開発した転倒予防靴下を着用することで, 歩行および昇段動作時の母趾 metatarsophalangeal joint (母趾 MTP 関節) の伸展角度と, 足関節の背屈角度が増加することを報告している⁴⁾.

転倒を予防するためには, 障害物を乗り越える際に, 母趾 MTP 関節の伸展角度と, 足関節の背屈角度が増大することが必要である. 加えて, 素早

(2011/10/28 受付)

連絡先: 高井 聡志 〒734-8551 広島県広島市南区霞
1-2-3 広島大学大学院保健学研究科
TEL 082-257-5405(浦辺研究室) FAX 082-257-
5344 (保健学研究科事務局)
E-mail sappy@i.softbank.jp

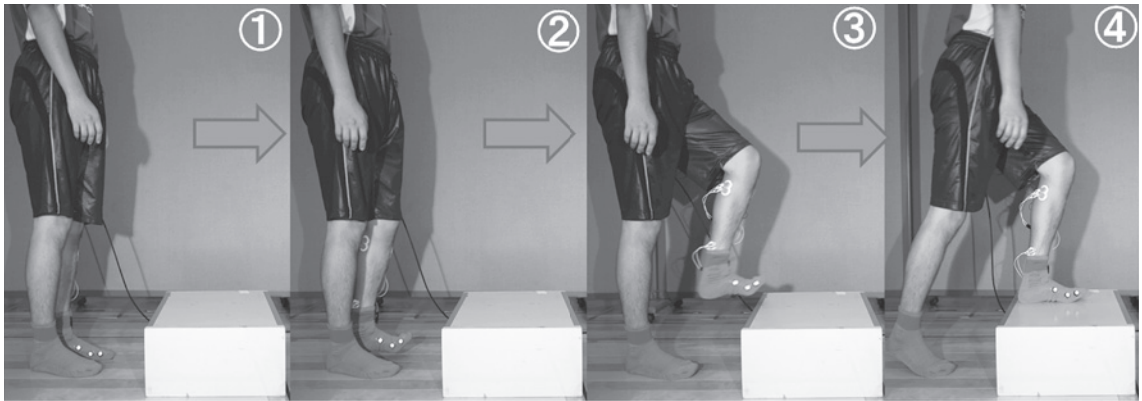


図 1. 段差昇降動作

①立位, ② toe off, ③台を乗り越える瞬間, ④つま先が台に接地した瞬間

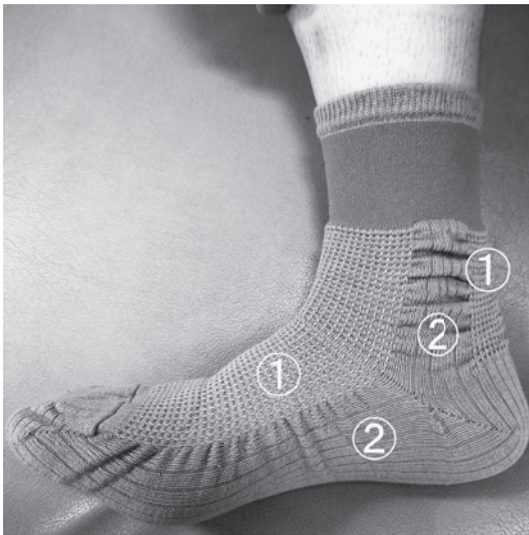


図 2. 転倒予防靴下

①タック編み (ストレッチの少ない素材), ②あぜ編み (ストレッチ素材)

く足趾と足関節が障害物を乗り越えられる角度に到達することで、つま先の引っ掛かりを効果的に予防できると考えられる。

本研究の目的は、転倒予防靴下を着用した際に、母趾 MTP 関節の伸展角度と足関節の背屈角度が変化することを再確認し、さらに足関節の背屈角速度と前脛骨筋の筋活動量の変化を検証することである。

仮説として、転倒予防靴下を着用することで、

昇段動作時に母趾 MTP 関節の伸展角度、足関節の背屈角度は増加し、足関節の背屈角速度も増加すると考えた。また、前脛骨筋の筋活動量が、増加するとした。

対象と方法

対象は、健康成人女性 4 名、男性 5 名、計 9 名 9 足で、左足で検査を行った。対象のプロフィール (Mean $\pm$ SD) は、年齢 23.6 ± 4.6 歳、身長 164.4 ± 6.0 cm、体重 64.0 ± 7.5 kg である。全対象に本研究の主旨と内容を十分に説明し、同意を得た。

課題動作は、高さ 20 センチ台への昇段動作とした。(図 1) 裸足、市販靴下、転倒予防靴下の 3 条件で課題を実施した。測定に使用した転倒予防靴下は、足趾の伸展を促すことで転倒予防効果を期待できる。構造は、ストレッチ効果のないタック編み、ストレッチ効果のあるあぜ編みを施すことで、足趾の伸展を促している。(図 2)

課題動作時の母趾 MTP 関節の角度、足関節の角度を算出するために、第 1 趾 MTP 関節、第 1 趾 IP 関節、第 1 中足骨骨底、腓骨頭、外果、第 5 中足骨骨頭をランドマークに規定し、マーカーを貼付した。同期した 2 台のハイスピードカメラ (FKN-HC200C, 4assist 社) を用いてサンプリング周波数 200 Hz で撮影した。撮影で得られた画像を用いて、画像解析ソフト Dippmotion (DITECT 社) で、母

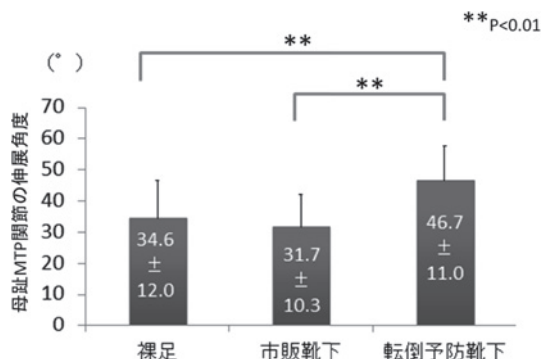


図3. 母趾 MTP 関節の角度変化

転倒予防靴下の着用で母趾 MTP 関節の伸展角度は有意に増加した

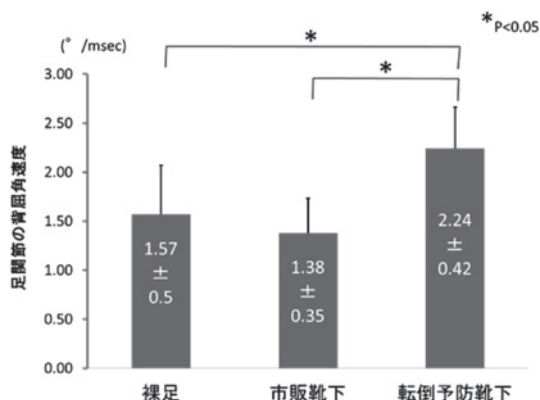


図5. 足関節の背屈角速度の変化

転倒予防靴下の着用により足関節の背屈角速度は有意に増加した

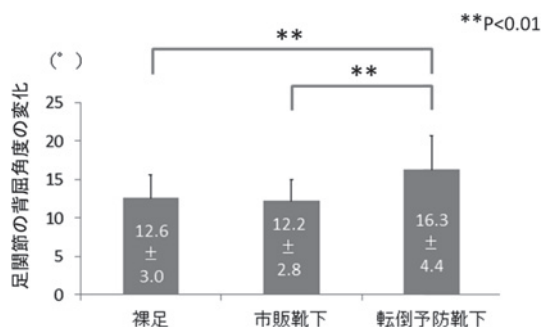


図4. 足関節背屈角度の変化

転倒予防靴下の着用により、足関節の背屈角度が有意に増加した

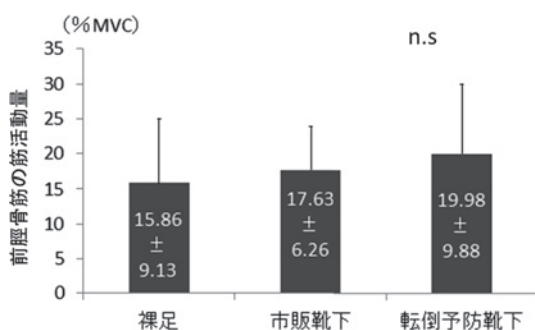


図6. 前脛骨筋の筋活動量の変化

転倒予防靴下の着用で前脛骨筋の筋活動量は増加する傾向がみられた

趾 MTP 関節と足関節の角度を算出した。

足関節の背屈角速度は、左足部が立位姿勢の状態から、台を乗り越える際に足関節の背屈角度がピークに到達するまでの角度変化量と時間を割り出し、足関節の背屈角速度を計算した。

前脛骨筋の筋活動量の計測には、表面筋電図(Personal EMG, 追坂電子機器社)を用いた。筋活動を測定する時期は、昇段動作において、立位姿勢より、つま先が床面から離れ、台につま先が接地するまでとした。最大随意性収縮時の筋活動量を課題動作時の値で除し、%MVC で表記した。

統計処理には一元配置分散分析を行い、有意差を認めた場合には、Tukey の多重比較検定を行い裸足、市販靴下、転倒予防靴下の3条件下で比較を行った。危険率5%を統計学的に有意とした。

結 果

母趾 MTP 関節の伸展角度は裸足で $34.6 \pm 12.0^\circ$ 、市販靴下の着用で $31.7 \pm 10.3^\circ$ 、転倒予防靴下の着用で $46.7 \pm 11.0^\circ$ となり、裸足、市販靴下と比較し、転倒予防靴下の着用で有意に増加した ($p < 0.01$, 図3)。

足関節の背屈角度は裸足で 12.6° 、市販靴下の着用で、 12.2° 、転倒予防靴下の着用で、 16.3° となり裸足、市販靴下と比較し、転倒予防靴下の着用で有意に増加した ($p < 0.01$, 図4)。

足関節の背屈角度が、最大に達するまでの足関節の背屈角速度は、裸足で $1.57 \pm 0.5/\text{msec}$ 、市販靴下の着用で $1.38 \pm 0.35/\text{msec}$ 、転倒予防靴下の着用

で $2.24 \pm 0.42^\circ/\text{msec}$ となり、裸足、市販靴下と比較し、転倒予防靴下を着用で、有意に角速度が増加した ($p < 0.05$, 図 5)。

前脛骨筋の筋活動量は裸足で $15.9 \pm 9.1\%$ MVC、市販靴下の着用で $17.6 \pm 6.3\%$ MVC、転倒予防靴下の着用で $20.0 \pm 9.9\%$ MVC となり、裸足、市販靴下と比較し、転倒予防靴下の着用で増加する傾向を認めたが、有意差は認められなかった。(図 6)

考 察

本研究は、健康成人男女 9 名において、転倒予防靴下着用時の効果を示すために、裸足、市販靴下、転倒予防靴下の 3 条件で、段差昇段時の母趾 MTP 関節の伸展角度、足関節背屈角度、足関節の背屈角速度、前脛骨筋の筋活動量を測定した。

今回、転倒予防靴下を着用することで、母趾 MTP 関節の伸展角度は裸足、市販靴下と比較して有意に増加した ($p < 0.01$)。これは、筆者らの先行研究と同様の結果を示しており⁴⁾、転倒予防靴下の効果を再確認することができた。転倒予防靴下は、図 1 に示すように、タック編みによって、足趾を伸展位に引き上げる構造を持っている。足趾の引き上げに、随意的な足趾の伸展が加えられることで、さらに足趾の伸展が促されたと考えられる。屋内での転倒は、歩行時に足先の引っかかりや、小さい段差でのつまずきにより発生するものが多く¹⁾、それに対応するために転倒予防靴下が開発された。本研究での段差昇段動作時の母趾 MTP 関節の伸展角度は、転倒予防靴下の着用で裸足よりも約 12° 増加しており、台を乗り越えるのに十分な可動域を確保することができ、余裕をもって台を乗り越えることができていた。今回の課題動作は段差昇段であるが、小さな障害物であっても同様に余裕をもって乗り越えられると考えられた。

転倒予防靴下の着用で、足関節の背屈角度は、裸足、市販靴下と比較して有意に増加した ($p < 0.01$)。この理由として、転倒予防靴下の着用によって、足趾の伸展が促され、足関節の背屈にもその作用が波及したものと考えられる。

転倒予防靴下の着用で足関節の背屈角速度は、裸足、市販靴下と比較して、有意に増加した ($p < 0.05$)。田中らは、高齢者の転倒経験者において、下肢の筋反応時間 (Premotor time) は遅延すると報告している⁵⁾。よって、転倒経験者の足関節背屈運動において、転倒予防靴下の着用により、前脛骨筋の反応時間の遅延を補うことができるのではないかと考えられる。

今回、前脛骨筋の筋活動には有意差は認めなかったものの、転倒予防靴下の着用により増加する傾向を示した。岩下らは、足関節が底屈位よりも、背屈位の方が、前脛骨筋の筋活動量は増加すると報告している⁶⁾。転倒予防靴下の着用により、足関節の背屈角度が増加したことで、前脛骨筋の筋活動量が増加する傾向が示されたと考えられた。転倒予防靴下は、足関節装具とは異なり、日常生活の中で常時着用可能である。その特性から、運動量の少ない虚弱高齢者において転倒予防靴下の着用で、障害物を乗り越える際に前脛骨筋の活動量を増やすきっかけになり、転倒予防の一助となるかもしれない。今後、虚弱高齢者が、転倒予防靴下の着用により、前脛骨筋の活動の増加に寄与するのか着目し検証を続けたい。

高齢者では足趾および足関節の可動域が、減少することが報告されている¹⁾。本研究の対象者は、健康成人であることから、高齢者での効果は今回の結果だけでは明らかでは無い。今後は、足趾や足関節の可動域が減少している高齢者で、本靴下の着用が、健康成人と比較し、どの程度角度が改善するのかについて検証を進めたい。

結 語

1. 転倒予防靴下を着用した際の昇段動作において、母趾 MTP 関節の伸展角度、足関節の背屈角度が改善したことを再確認した。

2. 転倒予防靴下を着用することで、足関節の背屈角速度は裸足、市販靴下と比較し増加した。

3. 母趾の伸展を促すことは、足関節の背屈運動を補助し前脛骨筋の筋活動量を増加させる可能性

がある。

文 献

- 1) Yasumura S, Haga H, Niino N, et al. Circumstances of injurious falls leading to medical care among elderly people living in a rural community. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 1996; 23: 95-109.
- 2) 新野直明, 小坂井留美, 江藤真紀. 在宅高齢者における転倒の疫学. *日本老年医学雑誌* 2003; 40: 484-6.
- 3) Murphy SL, Williams CS, Gill TM, et al. Characteristics associated with fear of falling and activity restriction in community-living older persons. *Journal of the American Geriatrics Society* 2002; 50: 1329-335.
- 4) 神谷奈津美, 浦辺幸夫, 新宅悦雄. 転倒予防靴下による母趾伸展角度, 足関節背屈角度の変化. *靴の医学* 2008; 22 (2): 1-6.
- 5) 田中勇治, 峯島孝雄, 山中利明他. 高齢者の転倒に関する下肢反応時間および運動時間の検討. *理学療法科学* 2001; 16 (4): 167-71.
- 6) 岩下篤司, 吉川卓志, 北村哲郎. Nordic hamstrings exercise において, 膝の接地位置および足関節角度の変化による下肢筋の筋活動量への影響. *奈良理学療法科学* 2008; 1 (1): 35-6.

靴下の伸縮性が衣服圧と着衣快適性に与える影響

Influence of the Elasticity of Cloth of Socks on Pressure by Clothes and Comfort of Clothing

¹⁾信州大学繊維学部, ²⁾佐藤整形外科

¹⁾Faculty of Textile and Technology, Shinshu University

²⁾Sato Orthopedics Clinic

細谷 聡¹⁾, 佐藤 雅人²⁾
Satoshi Hosoya¹⁾, Masato Sato²⁾

Key words : 靴下生地 of 伸縮性 (elasticity of cloth of socks), 衣服圧 (pressure by clothes), 着衣快適性 (comfort of clothing)

要 旨

本研究では, 靴下生地 of 伸縮性の違いがインステップ囲付近へ作用する衣服圧およびその変動に及ぼす影響を調べ, 生理的・心理的な着衣快適性への効果を検討することを目的とした. 健康な成人男性 18 名を被験者とし, 生地 of 伸縮性が異なる 3 種類の靴下を用いた着用実験を実施した. 実験 1 では立位での衣服圧計測と心電図計測による生理的ストレス評価, 着衣快適感評価を行ない, 実験 2 では歩行時の衣服圧計測と着衣快適感評価を行った. その結果, 立位時においても座位時同様に生理的・心理的に着衣快適性のよい衣服圧範囲の存在が推測された. また, 生地 of 伸長率の違いでインステップ囲付近に作用する歩行中の衣服圧変動に違いが現れた. そして, この衣服圧変動幅が比較的小さい場合に歩き心地が良い可能性が示唆された.

緒 言

近年, 市場には足部インステップ囲付近へ通常よりも高めの衣服圧が作用する機能的設計靴下が多く見受けられる. 筆者らの先行研究で足部インステップ囲付近への適度な締め付け圧は, 生理的・心理的な着衣快適性の向上に寄与することを明らかに報告した¹⁾. 一方, 歩行時には着地中の荷重によって足部は変形し, その間に衣服圧は変動すると予想されるが, 靴下のインステップ囲付近の伸縮性が衣服圧やその変動に及ぼす影響は明らかではない. そこで本研究では, 靴下生地 of 伸縮性の違いがインステップ囲付近へ作用する衣服圧およびその変動に及ぼす影響を調べ, 生理的・心理的な着衣快適性への効果を検討することを目的とした.

対象と方法

被験者は, 健康な成人男性 18 名 (年齢 22.1 ± 0.9 , 身長 172.2 ± 4.5 cm, 体重 60.7 ± 5.6 kgw, 足長 25.2 ± 1.1 cm, インステップ囲 24.6 ± 1.0 cm) である. 実験に使用した靴下は, 図 1 に示すように T 社製の 3 種類 (試料 A, 試料 B, 試料 C) で, 素材が綿,

(2011/10/26 受付)

連絡先: 細谷 聡 〒386-8567 長野県上田市常田 3-15-1 信州大学繊維学部創造工学系感性工学課程
TEL 0268-21-5558 FAX 0268-21-5511
E-mail hosoya@shinshu-u.ac.jp



図 1. 実験試料と圧力センサの装着位置
(左図：左から試料 A, 試料 B, 試料 C)

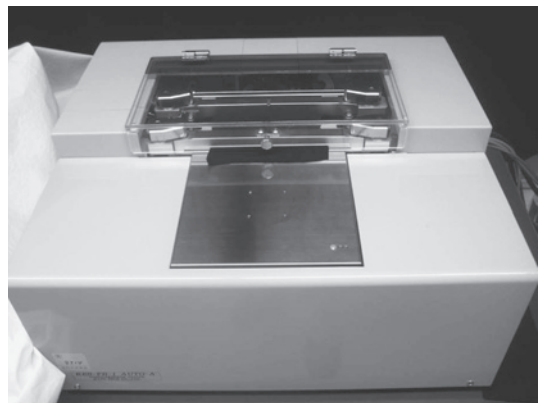


図 2. 引張試験機
靴下のインステップ囲付近の生地 16cm×15cm を試料とし周囲長方向に引張り試験を実施

ポリエステル、ポリウレタンであり混率がほぼ同様、適合足長は 24～26cm のものである。実験に先立ち、靴下インステップ囲付近の伸縮性を図 2 に示す引張試験機（カトーテック（株）製 KES-FB-1）にて計測した。表 1 に示すように引張伸強度 1 gf/cm での各試料の伸長率は、試料 A が 22%、試料 B が 13%、試料 C が 26% であり、試料 B が最も伸長率が小さく伸びにくいことを意味する。靴下の着用実験では、図 3 にプロトコルを示すように実験 1 として立位静止時の衣服圧計測と心電図計測、着衣快適感評価を、実験 2 として歩行時の衣服圧変動ならびに着衣快適感評価をそれぞれ実施した。また、実験 1 では、衣服圧はエイエムアイ・テクノ社製のエアパック式薄型圧力センサを右足インステップ囲最高点に装着して計測し、心電図計測には BIOPAC Systems 社製 MP150 および ECG ユニットを使用した。また、着衣快適感

表 1. 実験試料のサイズと伸長率

	試料A	試料B	試料C
Length(mm)	225	220	222
Width(mm)	80	80	80
伸長率(%)※	22	13	26

※引張伸強度 1gf/cm 時の伸長率

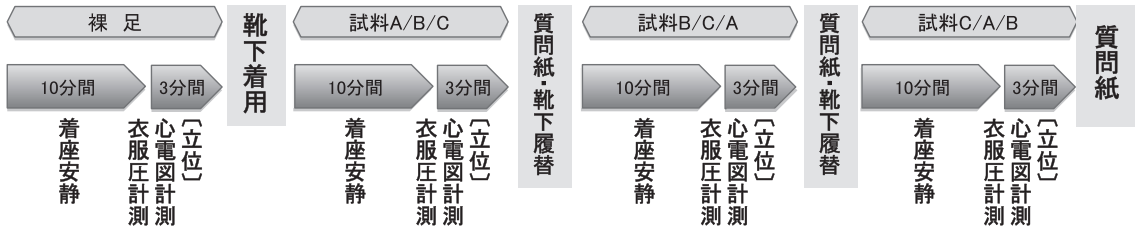
SD 法¹⁾（-2 点から +2 点の 5 段階）にて評価してもらった。ここでは、着衣快適感について「フィット性が高い-低い」（フィット感）、「快適な-不快な」（履き心地）という対を用いた。実験 2 では、被験者に試料を着用してもらいトレッドミル上を 4.0 Km/h の速度で 3 分間歩行してもらい、歩行中には衣服圧を歩行後には歩き心地（「歩きやすい-歩きにくい」）を計測した。これら 2 つの実験では試料の順序効果を考慮して被験者によってランダムに着用させた。なお、これらの実験計測は信州大学倫理委員会にて承認されたものである。

次に、生理的な着衣快適性（着衣ストレス）評価のために得られた心電図をもとにして心拍変動解析を行なった。この手法は、心電図から R 波を抽出し、RR 間隔の時間変動を周波数解析するものである。0.06Hz～0.14Hz の周波数帯域は自律神経系の主に交感神経の活動（ストレスを受けた時に活発になる）を反映し、0.14Hz～0.4Hz は副交感神経の活動を反映する。このため、該当する周波数スペクトルの比をもとに安静時と比較して生理的ストレスの大小を判断できることがわかっており²⁾、この手法を用いた研究もいくつか報告されている^{3) 4)}。なお、各計測量に対しては一要因の分散分析を用いて有意差検定を行なった。

結 果

実験 1 にて心拍変動解析から得られた生理的ストレス評価を靴下着用前の安静時を 1 として示したものが図 4 である。実験試料の中では試料 B が、他の 2 試料に比べ着衣ストレスが有意に ($p < 0.01$) 小さい結果となった。試料 B における立位時のインステップ囲付近に作用する締めつけ圧はお

■ 実験1: 立位静止時における計測



■ 実験2: 歩行時における計測

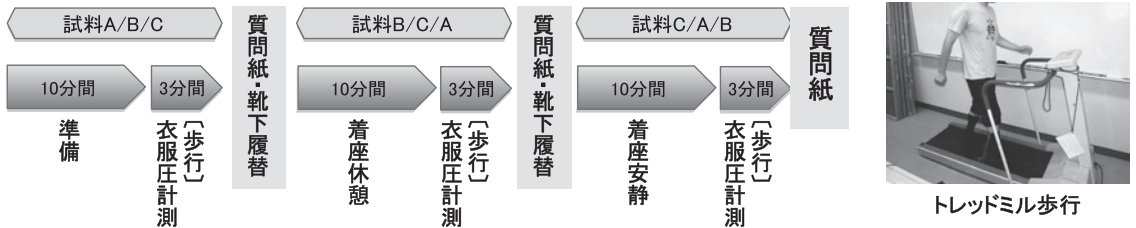


図3. 実験プロトコル

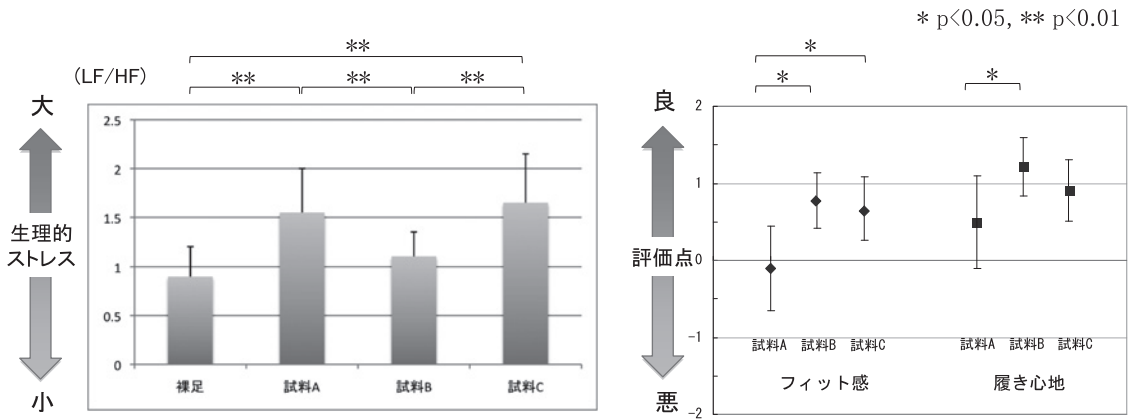


図4. 立位時の生理的ストレス評価（左図）と着衣快適感評価（右図）

よそ $33.2\text{gf}/\text{cm}^2$ (32.5hPa)であった。また、フィット感および履き心地評価は、試料Bが試料Aに比べて有意に ($p<0.05$) 良好であった。なお、フィット感においては、試料Cも評価は良好だった。

図5は歩行時のインステップ囲付近における衣服圧変動（平均値）を示したものである。試料中で靴下生地伸長率が最も小さい試料Bが、最小値から最大値までの衣服圧変動幅が最も小さくお

よそ $13\text{gf}/\text{cm}^2$ (12.7hPa)であり、伸長率が比較的大きい試料Aおよび試料Cでは、それぞれおよそ $15\text{gf}/\text{cm}^2$ (14.7hPa)、 $19\text{gf}/\text{cm}^2$ (18.6hPa)だった。また、歩き心地評価は、試料Bが、他の2試料に比べて有意に ($p<0.05$) 良好な結果となった。

考 察

立位静止時の生理的ストレス評価では、試料B

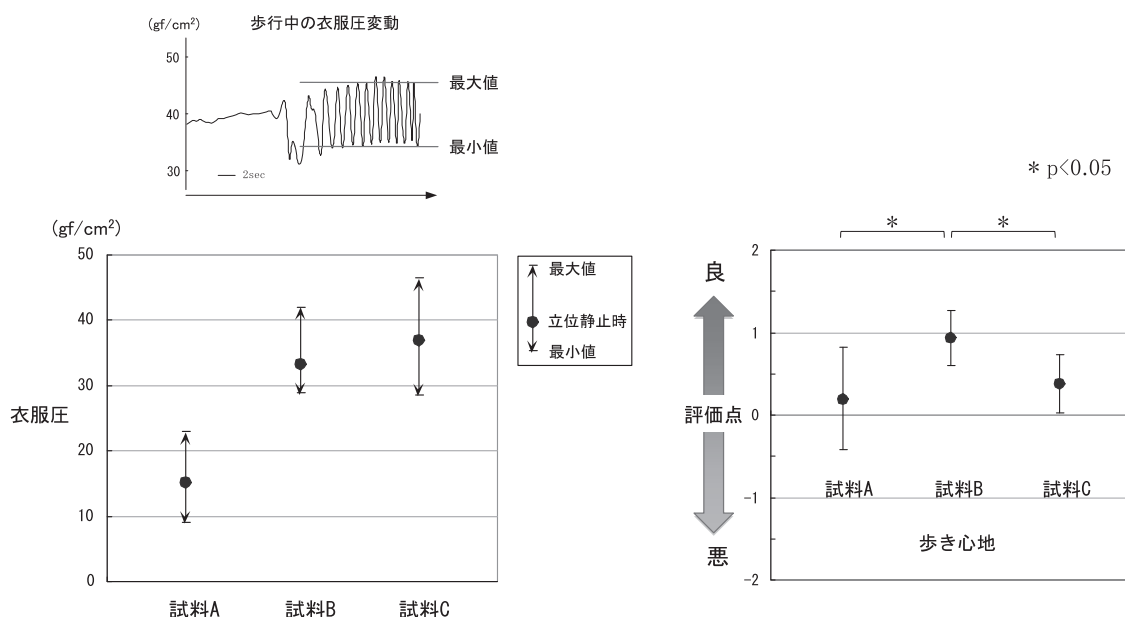


図 5. 歩行時の衣服圧変動幅 (左図) と着衣快適感評価 (右図)

がインステップ囲付近に作用する衣服圧が 33.2gf/cm² (32.5hPa) となり試料の中で最も着衣ストレスが小さく、フィット感や履き心地も良好だった。座位安静時では 20~30gf/cm² (19.6~29.4hPa) の衣服圧範囲において生理的・心理的に着衣快適性が良いことが明らかになっている¹⁾。今回は立位での実験であることから荷重による足部の変形が大きくなりわずかに高い衣服圧であるが、この値は立位において着衣快適性が保たれる衣服圧範囲に入っていると推測される。

また、歩行中のインステップ囲付近に作用する衣服圧の変動幅は、試料 B が最も小さく歩き心地も良好な結果であった。試料 B は生地伸長率が最も低く伸びにくい特徴だが、衣服圧変動幅が比較的大きな試料は生地伸長率が比較的高く伸びやすい。着地中の荷重によって生地が局所的に伸びきるような状態になり、衣服圧の最大値が高まり結果として変動幅が大きくなって歩き心地にも影響を及ぼすのではないかと推測される。靴下に用いられる生地の一般的な伸長範囲においては、伸長率が低いほうが衣服圧変動幅は小さくなり、

歩き心地も良いのではないと思われる。

結 語

1) 立位では、試料 B (衣服圧が 33gf/cm² 程度) で生理的ストレスが比較的小さく、履き心地も良好な結果であった。立位時においても、生理的・心理的に着衣快適性のよい衣服圧範囲のあることが推測された。

2) 靴下生地の伸長率の違いで、インステップ囲付近に作用する歩行中の衣服圧変動に違いが現れた。衣服圧変動幅が小さいとき、歩き心地も良くなる可能性が示唆された。

3) 着衣快適性に富むフットウェア設計では、生地の伸縮性を考慮するが重要だと考えられる。

謝辞 本研究は科研費 (21500730) の助成を受けたものである。

文 献

- 1) 細谷 聡, 佐藤雅人. インステップ囲付近に作用する締め付け圧が生理心理的な着衣快適性に及ぼす影響.

- 靴の医学 2010;24 (2):35-9.
- 2) 林 博史. 心拍変動の臨床応用. 第1版. 東京:医学書院;1999.15-6.
- 3) 堀口寛子他. 手術中における外科医のストレス評価の試み—自律神経活動と血圧変化—. 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティックス 2005;105 (46):9-12.
- 4) 長谷川貴之他. 心拍変動による温泡バスの快適性・生体負担度の評価. 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティックス 2003;102 (727):29-32.

靴ひもが体幹前傾時の筋活動に及ぼす影響

An influence of shoelace on muscle activity in forward bending posture

¹⁾葛城病院, ²⁾県立広島大学

¹⁾Katsuragi Hospital, ²⁾Prefectural University of Hiroshima

吉川 雅夫¹⁾, 北野 直¹⁾, 金井 秀作²⁾

Masao Yoshikawa¹⁾, Naoshi Kitano¹⁾, Shusaku Kanai²⁾

Key words : 靴ひも (Shoelace), 筋電図 (Electromyogram), 脊柱起立筋 (erector spine muscle)

要 旨

看護・介護労働者などの医療職種において筋骨格系障害の有病率は非常に高い。その中でも腰痛(作業関連腰痛)はほとんどの医療職種が経験している。本研究は、対象を日常の業務でスニーカーを使用している健康成人男性 10 名とし、表面筋電計を使用して体幹前傾時の筋活動(右脊柱起立筋・右前脛骨筋・右ヒラメ筋)を測定した。同一被験者で、普段履いている靴ひもの状態と靴ひもを最大限締めた状態の 2 条件で比較を行った。靴ひもを最大限しめた状態では体幹前傾中の脊柱起立筋の筋活動のみが有意に低下した($p<0.05$)。腰部の筋活動が有意に減少したことから、作業関連腰痛対策の一つとして靴ひもを締めることが有効ではないかと考える。

緒 言

作業関連腰痛の危険因子として静的労働作業・

(2011/10/28 受付)

連絡先 : 吉川 雅夫 〒596-0842 大阪府岸和田市真上町 250 医療法人大植会 葛城病院 リハビリテーション部
TEL 072-428-5141 FAX 072-427-1501
E-mail reha-pt@katsuragi-hosp.or.jp

体幹の屈曲、捻転・反復作業が挙げられており、それに対して腰部負担軽減策として様々な方面から介護動作に対する検証が行われている。厚生労働省からは社会福祉施設における腰痛対策予防指針が示されている¹⁾。その中では、作業姿勢や介助方法、福祉機器の使用やベッド高や周辺環境といった作業環境の調整などの予防対策が示されている。また、坂本らは作業関連腰痛の予防策の一つとして目的に合わせた靴の選択を進めているが、靴の使用方法にまでは言及していない。

そこで今回は医療職種にとって行なうことが多い体幹前傾位での検証を行うこととした。その際、作業中における靴の影響を明らかにすることを目的とし、特に靴ひもに着目して報告を行う。

対象と方法

被験者は当院医療職種で、腰部・下肢に愁訴のない健康成人男性 10 人で平均年齢 27 ± 4.1 歳、平均身長 171.5 ± 6.5 cm 平均体重 63.9 ± 7.4 kg、靴のサイズは 25cm~27.5cm であった。全ての被験者がスニーカータイプの靴を週 5 日以上 1 日 8 時間以上着用しており、使用期間は 3 ヶ月以上 1 年未満であった。計測を実施する前に、被験者の着用している靴ひもの締め具合について調査を行った。

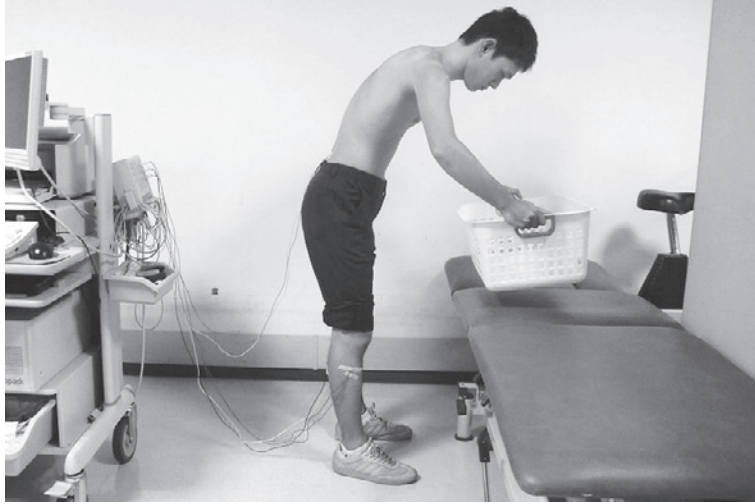


図 1

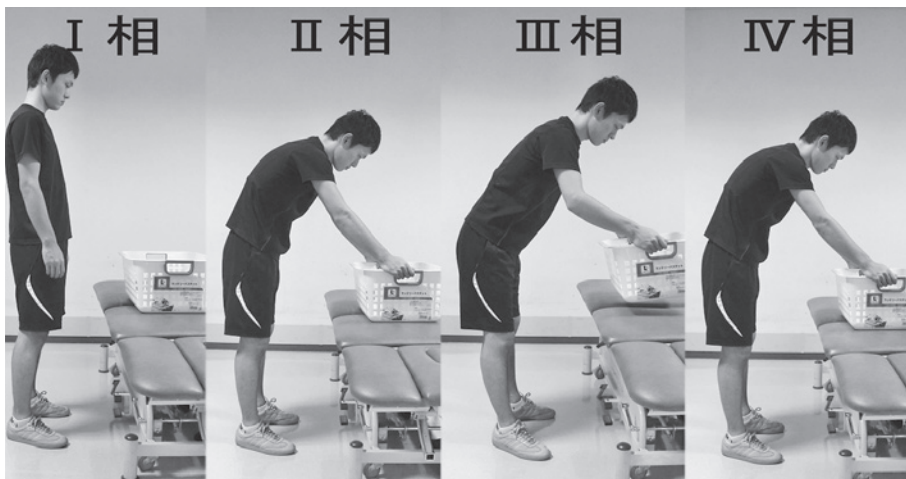


図 2

筋電図での測定は普段履いている靴ひもの状態（以下 U 群）と前足部から靴ひもを最大限締めた状態（以下 T 群）の 2 条件で比較を行なった。

1, 計測機器・計測方法

計測には日本光電社製 Neuropack MEB-2209 を使用した。被験筋を右脊柱起立筋 (L4/5 高位)・右前脛骨筋・右ヒラメ筋の 3 筋として行った。皮膚処理を行った後、各筋の筋腹中央に電極用ペーストを用いて電極を電極間距離 2cm で設置し、固

定した。サンプリング周波数は 10kHz とした。

2, 計測条件

実験に使用するベッドは被験者の身長による影響を考慮して上後腸骨棘より 40cm の高さに設定した。

被験者はベッドから 15cm 離れた所に立ち、ベッド上に置かれた重錘入りのかごを持ち上げるという課題を行ってもらった。課題遂行中、踵は接地し、膝関節は伸展位とした。体幹の前傾は股関節

表 1. 各筋における靴ひもの締め具合による比較

	右脊柱起立筋 (SD)	右前脛骨筋 (SD)	右ヒラメ筋 (SD)
U 群	54.54 (33.54)	19.08 (7.55)	20.99 (8.08)
T 群	35.88 (28.25)	19.92 (11.92)	20.90 (11.85)

* : $p < 0.05$

表面筋電図を使用して得られた結果の平均値を示す。

右脊柱起立筋のみ靴ひものを締めた際に有意な低下を示した。 ($p < 0.05$)

屈曲のみで行うように指示した。また、重りの持ち上げは肘関節屈曲にて行ってもらうように指示し、事前に練習を行ってから実験を行った。計測は各条件 3 回の計 6 回行った。被験側は全て右側とした。(図 1)

3. データ処理

一連の動作を下記のように相分けを行った。(図 2)

I 相：開始肢位から重錘把持までの体幹屈曲相

II 相：重錘把持から持ち上げまでの体幹伸展相

III 相：持ち上げた重錘を保持している相

IV 相：持ち上げた重錘を下ろし、動作終了まで

今回の検証には III 相の筋活動から 5 秒間を抽出し、積分値を算出した。また、動作開始前の安静時立位 1 秒間の積分値を抽出し、体幹前傾中の積分値をその値で除することで正規化を行った (% 安静時静止立位)。

統計処理は二群間の比較は F 検定にて等分散を確認した後に、対応のある T 検定を行った。危険率は 0.05% とした。 ($p < 0.05$)

結 果

1. 靴の着用方法について

全ての被験者はスリッパ・オンが可能のように靴ひものをゆるく締めた状態で着用していた。

2. III 相における筋活動の変化

靴ひもの締め方による筋活動の変化は脊柱起立筋にのみ有意な低下を認められた (U 群 : 54.54 ± 33.54 , T 群 : 35.88 ± 28.25) が、前脛骨筋 (U 群 : 19.08 ± 7.55 , T 群 : 19.92 ± 11.92) ・下脛三頭筋 (U 群 : 20.99 ± 8.08 , T 群 : 20.90 ± 11.85) では有意な差は

認められなかった。(表 1)

考 察

産業衛生の立場から、井奈波ら²⁾は職業と業務形態に合わせた靴の選定を行うことを勧めており、伊崎ら³⁾は看護業務の作業靴としてシューズ型のものが理想であるとしている。しかしこれらはアンケート調査を元に提言されており、実際に動作場面における検証は行われていない。また、靴の形状の違いによる身体面への影響を検証したものはあるが、靴ひものに着目して検証を行なっているものは無い。したがって、今回の結果のように、靴ひものを締めることにより脊柱起立筋の筋活動に低下を認めたことは興味深い。

重量物挙上動作では腰部脊柱起立筋の関与が大きく、繰り返し持続する同筋への負荷は筋性の腰痛を引き起こしやすいと報告されている⁴⁾。特に看護動作ではおむつ交換や体交介助などの中腰姿勢での動作が多く存在しており⁵⁾、医療職種における腰痛の有病率も非常に高い⁶⁾。看護・介護業務などの医療職種において腰痛は必須の課題であり、介助機器の使用や人間工学的対策などが提案されているが、腰痛問題は改善されているとはいえない状況である。そのため、本研究の結果は、作業関連腰痛対策の一助になると考える。

靴ひもの締め付けによる脊柱起立筋の筋活動が低下した要因としては靴ひもの締め付けによるトラス機構の沈み込みが抑制されたことと、足部の安定性向上による影響が考えられる。

斎藤ら⁷⁾は靴ひもの締め付けにより、靴内で第 2～4 中足骨頭にかかる圧力が低下し、結果として横アー

チの上昇が示唆されるとしている。本研究においても、前足部から締め付けが加わったことで、靴内で横アーチが上昇していたものと推察する。靴ひもを締めることの影響は前述したような前額面での影響のみではなく、矢状面での影響も考慮する必要がある。足部全体が緩く締められていた状態から締められることで靴内の容積が小さくなり、前足部から踵部までしっかりと靴により固定される。以上より、靴ひもによる足部への締め付けが足部アーチをサポートし、荷重に対するトラス機構の沈み込みが抑制されていたと考える。これにより足部でのエネルギー蓄積が生じ、結果として脊柱起立筋に影響を与えていたと考える。

また、靴と足部がしっかりと固定されることで、足部での安定が得られる。立位時の重心動揺は小さくなると推察されるが、足部が不安定な状態では股関節を中心とした姿勢制御反応が促通され、近位部での安定性を高める⁸⁾ことが報告されている。股関節での姿勢制御には脊柱起立筋の活動が不可欠であり、体幹前傾位から体幹伸展する際に腰部脊柱起立筋の筋活動が活発となる⁹⁾。今回の測定においても脊柱起立筋により大きな負荷がかかっていたものと想定される。その為、靴ひもの締め具合によって変化が生じたものと考えられる。

一方で、ヒラメ筋・前脛骨筋に対する影響は認められなかった。中尾ら¹⁰⁾は背屈 10° 位では荷重量の増加に伴い、下腿三頭筋・前脛骨筋の筋活動に有意な増加を認めるが、背屈 0° 位では認められなかったと報告している。姿勢戦略としては股関節が用いられることで股関節屈曲に伴う体幹前傾と骨盤の後方移動が重錘の重さを緩衝させる姿勢となっていたと考えられる。この時、足関節は背屈 0° 位からやや底屈位となるため、中尾らの報告のように下腿三頭筋・前脛骨筋の筋収縮には影響を与えなかったと考える。

荷重が強く足部にかかった場合、通常靭帯や足底筋膜などによって保持されている横アーチに長腓骨筋など筋収縮が加わってくる。そのため今回は客観的計測を実施していないが、アーチ保持に

関与する後脛骨筋・長腓骨筋では筋活動に変化が生じていたことも予想される。

また、今回は静止動作での検証であり動的な場面での靴ひもの影響は明らかではない。それに加えて、靴内の環境については外部観察のみであり、実際のアーチ高測定は行なえていない。そのため、実際に靴ひもを締めた際のアーチ高の変化について着目して検証を重ねていかなければならない。同様に靴ひもを締めることによる足部の安定性向上についても十分な検証が行われていないため、特に動的な場面における靴ひもの影響についてさらなる検証が必要である。

靴ひもを締めることのみで体幹や動的なバランスに影響を与えることが明らかとなれば、作業関連腰痛に対しての啓蒙のみではなく、スポーツでのパフォーマンスにおける靴の影響も検証できるのではないかと考える。

結 語

看護業務では中腰姿勢など脊柱起立筋に負担をかける動作が多く行なわれている。同筋への負担は腰痛を誘発するとされている。今回、靴ひもを締めることにより体幹前傾時、脊柱起立筋の筋活動が低下することを認めたことは興味深い結果となった。

しかし、静止動作での検証であり動的な場面での影響は明らかとなっていない。また、動作中のアーチ高測定が行なえていないため、さらに詳しく検証を重ねていくことが必要である。

文 献

- 1) 厚生労働省. 社会福祉施設における安全衛生対策マニュアル～腰痛対策と KY 活動～. 厚生労働省・中央労働災害防止協会; 2011.
- 2) 井奈波良一他. バスガイドの靴のヒール高と職業性ストレスおよび疲労蓄積度の関係. 日本職業・災害医学会会誌 2010;58 (2): 70-5.
- 3) 伊崎輝昌他. 当院看護職員の足部障害と看護靴改善の試み. 靴の医学 2003;16 (2): 15-8.
- 4) 金村在哲他. 表面筋電計を用いた挙上運搬動作における体幹筋力の解析. 日本腰痛学会雑誌 2002;8 (1): 146-52.

- 5) 正源寺美穂他. 要介護高齢者のおむつ交換に伴うケアスタッフの腰部前傾角度変化による腰部負担の解明. 看護実践学会誌 2011;23:66-72.
- 6) 帖佐悦男他. 職業性腰痛の疫学. 日本腰痛会誌 2001;7:100-4.
- 7) 齊藤 淳他. 甲部にかかる圧力値—靴紐の締め付け具合の定量化に向けて—. 靴の医学 2010;24:40-4.
- 8) 上出直人他. 不安定床面での立位およびステッピングが生体の運動に及ぼす影響. 運動療法と物理療法 2006;17:46-53.
- 9) 山川隆由他. 体幹前屈運動における腰部脊柱起立筋の動作筋電図学的研究: 腰痛発生との関連について. 神戸大学医学部紀要 2000;61:49-54.
- 10) 中尾英俊他. 足部アーチに荷重負荷した際の下腿・足部の筋活動の変化. 理学療法科学 2009;24:423-6.

外反母趾術後免荷装具の足底圧分析

Analysis of the Plantar Pressure with the Post Operative Orthosis Used for Hallux Valgus Surgery

¹⁾医療法人社団 悠仁会 羊ヶ丘病院 リハビリテーション科, ²⁾整形外科

¹⁾Dept. of Rehabilitation, ²⁾Orthopedic Surgery, Hitsujigaoka Hospital

須貝奈美子¹⁾, 阿久澤 弘¹⁾, 倉 秀治²⁾

Namiko Sugai¹⁾, Hiroshi Akuzawa¹⁾, Hideji Kura²⁾

Key words : 外反母趾 (Hallux Valgus), 足底圧 (Plantar Pressure), 術後装具 (Post Operative Orthosis)

要 旨

外反母趾術後の後療法に用いる前足部免荷装具の除圧効果を評価した研究は少ない。特に異種類の免荷装具を比較した研究はなされていない。

我々は免荷装具の有用性に関し、前足部にかかる圧力と使用感を検証した。健康女性 17 名を対象に、圧測定器 Pedar (Novel 社/ドイツ) を使用して、裸足・免荷装具着用 (カスタムメイド・既製品) での歩行時の足底圧を計測した。また使用感に関するアンケート調査を行った。両装具とも前足部は除圧されていた。しかしピーク圧は当院プロトコルの部分荷重開始時の量を超過していた。アンケートではカスタムメイドの使用感が有意に優れた結果となった。

両装具とも免荷装具として有用であったが、後療法の再考が示唆された。

緒 言

当院では外反母趾手術適応患者に対し、遠位骨切り術を施行している¹⁾。プロトコルは、前足部免荷装具を用いて術後 1 週より歩行開始となり、術後 4 週で部分荷重を開始する。免荷装具は手術操作部位である第 1 中足骨頭部の除圧が可能で、術後早期の ADL 拡大に重要な役割を果たす。そのデザインは、重心を踵にシフトさせるため後足部に傾斜したウェッジソールが付いており、ソール前方は床面に接地しない様にカットされている。(図 1) しかしインソール部分は足底部全体に接触しており、第 1 中足骨頭部への負荷も予想される。過去の報告では、免荷装具使用時の前足部の除圧の程度を評価した研究は稀であり、異種類の免荷装具間で比較をしたものはなされていない。

本研究の目的は、歩行時に前足部にかかる圧力の程度と使用感を評価し、外反母趾術後の免荷装具の有用性を検証することである。

対象と方法

外傷の既往や足部変形がなく、足部に特別な症状の訴えない健康女性 17 名を対象とした。使用装具は、対象者の足部に合わせて作成されたカス

(2011/10/24 受付)

連絡先 : 須貝奈美子 〒062-0051 北海道札幌市豊平区
月寒東 1 条 19 丁目 1-1 医療法人社団 悠仁会
羊ヶ丘病院 リハビリテーション科
TEL 011-853-2211 FAX 011-853-2210
E-mail ss.namikko@gmail.com

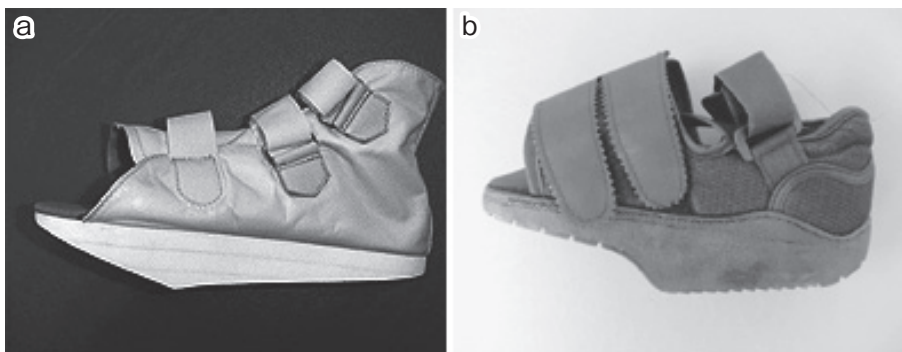


図 1. 免荷装具

- a) カスタムメイド免荷装具（北都義肢）
b) 既製品（オルソウエッジシュー/SHILAC）

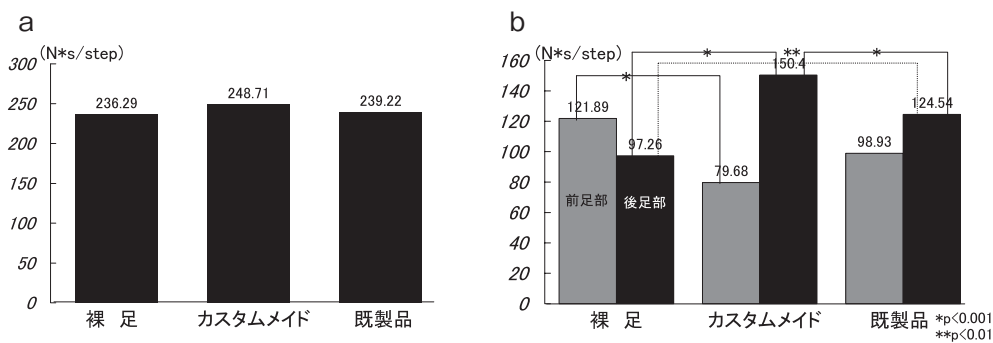


図 2. 接地時間の積分値

- a) 足底前面 b) 前足部/後足部

カスタムメイドの免荷装具と、既製品（オルソウエッジシュー/USA）の免荷装具を使用した。（図 1）足底圧計測には、インソール型圧分布測定器 Pedar（Novel 社/ドイツ）を使用した。インソールの厚さは約 1.9mm、センサ数は 99 個、サンプリング周波数は 50Hz で、Bluetooth 使用により無線 LAN 下で計測した。測定足は右足とし、装具着用時、左足には同高のサンダルを着用した。測定前に装具着用方法やリスクを十分に説明し、歩行練習後に測定を開始した。測定はフラットな床面でおこなわれ、裸足・カスタムメイド・既製品の 3 つの条件下で 10m 歩行を 3 回施行した。歩行速度は対象者の歩きやすい速度とし、足底全体と前足部・後足部で分け測定した。10m 歩行 3 回施行の平均値を用い、一歩あたりの接地時間の積分値とピー

ク圧を解析した。

使用感の評価はアンケート調査でおこなった。各装具の、フィット感・装具の感触・着用時の安定感・歩行の容易さ・着脱の容易さの 5 項目に対して、1～5 点の 5 段階、25 点満点で評価した。

統計分析は、各条件下での足底圧比較に繰り返しの一元分散分析、使用感の評価に t 検定を用いた。有意水準は 5% 未満とした。

結 果

本研究の参加者は女性 17 名（平均：年齢 27.6 ± 6.3 歳，足長 22.5 ± 0.5cm，身長 155.6 ± 3.8cm，体重 45.9 ± 7.4kg）であった。

全群の一歩あたりの足底全体での接地時間の積分値に有意差は見られなかった。（図 2-a）しかし

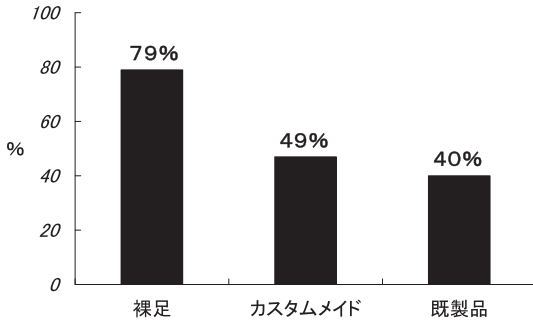


図 3. 第 1 中足骨頭底部のピーク圧

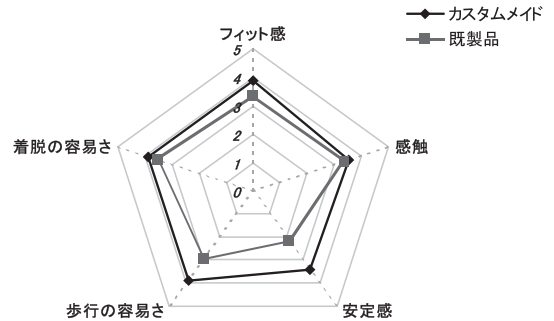


図 4. 使用感のアンケート調査の結果

前足部では、裸足と比較して、カスタムメイド着用時の接地圧が有意に減少した ($p < 0.001$)。また既製品装着時にも有意差はないが減少傾向にあった。後足部の接地圧は、両装具とも有意に増加していた ($p < 0.001$, $p < 0.01$)。 (図 2-b)

歩行中の第 1 中足骨頭底部におけるピーク圧は、裸足で体重の 79%、カスタムメイド装着時は 49%、既製品装着時は 40% であった。 (図 3)

使用感のアンケート結果では、カスタムメイドの平均点 18.6 点、既製品 15.4 点で、カスタムメイドが有意に優れた結果となった ($p < 0.05$)。 (図 4) 特に「安定感」「歩行の容易さ」の項目で、その差が大きかった。

考 察

我々は外反母趾術後の免荷装具の有用性を検証することを目的に、歩行時の前足部への圧力の程度とその使用感を評価した。今回の調査結果では、両装具とも後足部に重心が移動し、前足部は除圧されていた。しかし、そのピーク圧は我々が用いているプロトコルの部分荷重開始時に許可されている重量 (1/4 部分荷重) を超過していることが判明した。特にカスタムメイドでは、アンケート結果で既製品よりも有意に使用しやすい結果となったが、第 1 中足骨頭底部へは体重の 1/2 に近い重量がかかっていることが判明した。

Putti ら²⁾は、インソール型の足底圧計測器を用い、通常歩行時の母趾と接地時間の積分値について報

告した。今回の我々の裸足歩行の結果は彼らの報告とほぼ一致していた。我々は 3 群で接地時間を比較したところ、裸足-装具間に有意な差は認められなかった。この結果から、装具着用時でもウェイトシフトに左右差のない歩行が可能であったと推測する。また前・後足部での分析の結果、圧変化の度合いはカスタムメイドでより大きかった。ウェッジソールの傾斜角が既製品 5° に対しカスタムメイド 10° と大きく、より後方へ重心の移動が可能だったことが、その原因として考えられる。しかし、前足部へのピーク圧はカスタムメイドの方が高い値を示した。歩容を比較すると、既製品装着時にはヒールコンタクト・トーオフが見られず、立脚期は重心の移動が減少していた。反対にカスタムメイド装着時はヒールコンタクトからミッドスタンスまでは、重心が後方に変移しているものの、立脚時のヒールオフからトーオフまでの流れがスムーズであり、裸足時の歩行により近い歩容であった。故に、ピーク圧も裸足に近い値となったと考えられる。

当院の外反母趾術後のプロトコルは、手術 1 週間後に免荷装具を着用し歩行開始、4 週間後より術部に体重の 25% の部分荷重が開始される。倉ら¹⁾の報告より、装具着用期間は原則として手術後 8 週間としている。しかし我々の結果から、患者は術後 1 週間ですでに第 1 中足骨頭底部に体重の 1/2 の負荷がかかっていたと予想される。須田ら³⁾の報告では、DLMO 法施行 20 例で、術直後または翌

日より前足部免荷装具を用い歩行を許可, 95% が予定通り 6 週間で装具除去が可能であり高い満足度を示した. また Schuh ら⁴⁾⁵⁾は, 装具を術直後から装着し, 手術後 4 週間に除去するとしている. 当院でも現在, 従来のプロトコルで経過が良好なことから, 今回の調査結果を踏まえ, 後療法の加速化の可能性を示唆する結果を考える. アンケートでは, カスタムメイドでの歩行がより容易で, 安定感があるという結果となった. カスタムメイドは義肢装具士による的確な採型により作成されたことから適合したサイズであり, ソール前足部の切り替えしが緩やかなデザインである. これらの点が既製品と比較し優れており, 良い使用感に繋がったと考察する.

今回は足部に痛みや恐怖心のない健常者を対象とした研究である. 対象は前足部への荷重を躊躇なくおこなっており, このような歩容を術後患者が実施できるとは限らず, 今後は術後患者に対して調査し, 健常者と比較してみる必要があると思われる.

結 語

外反母趾術後装具に使用している, 免荷装具装着時の足底圧分布を調査した. ①前足部への圧は有意に免荷された. ②第 1 中足骨頭底部のピーク圧はプロトコルの部分荷重開始時の量を超過していた. ③使用感は既製品と比較し, カスタムメイドが有意に良好であった.

文 献

- 1) 倉 秀治他. 女性のハイヒールによる障害について (第 3 報) 第 1, 第 5 趾 MP 関節部における側面圧について. 靴の医学 1991; 4: 17-23.
- 2) Putti AB, et al. Normal pressure values and repeatability of the EmedO ST4 system. Gait & Posture 2008; 27: 501-5.
- 3) 須田康文他. 前足部術後 Genius 装具の使用経験. 靴の医学 2005; 19: 81-4.
- 4) Schuh R, et al. Rehabilitation After Hallux Valgus Surgery: Importance of Physical Therapy to Restore Weight Bearing of the First Ray During the Stance Phase. Physical therapy 2009; 89: 934-45.
- 5) Schuh R, et al. Plantar Loading After Chevron Osteotomy Combined with Postoperative Physical Therapy. Foot & Ankle International 2010; 31: 980-6.

靴の足囲サイズと歩行動作の関係に関する研究

A study on the relationship between size of shoes and walking

¹⁾株式会社 デサント

²⁾信州大学 繊維学部

¹⁾DESCENTE LTD.

²⁾Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

林 亮誠¹⁾, 細谷 聡²⁾

Ryoma Hayashi¹⁾, Satoshi Hosoya²⁾

Key words : 歩行解析 (gait analysis), 筋電図 (electromyogram), 靴サイズ (size of shoes)

要 旨

本研究では、靴サイズ(足囲サイズ=ウィズ)と歩行動作の関係を歩行解析から明らかにすることを目的とし、評価手法も合わせて検討した。被験者は26.5cm ウィズDが適正サイズで脚に受傷歴の無い男子大学生5名とした。靴の足長は26.5cmとし、各靴のウィズはD, 2E, 4Eの計3種類である。実験室内の歩行路上を10試技ずつ行い足底圧分布、床反力、筋電図の各計測および、歩行感覚についてアンケートを実施した。が適正サイズ(D)より大きくなると(2E, 4E)、荷重点の移動軌跡がなす面積が有意に増大することが認められた。また、床反力の変曲点(F3)からつま先離地時(F5)の時間が有意に長くなる傾向がみられた。ウィズに関しては適正サイズよりも大きいサイズを履くと歩行動作が変化し脚の負担が増す可能性が示唆された。

緒 言

現在の超高齢社会においては、健康志向が高まっており、ウォーキング人口は年々増加傾向にある。人は走る、歩くことなどの基本的な身体運動を通して健康な生活の維持を求めている。そうした健康志向の高まりでスポーツ人口が拡大する中、使用する靴へも人々の関心は増している。靴を選ぶ際、通常は靴のサイズ表示や売り場での試し履きによって判断することが多いが、数時間あるいは数日履くと合っていないという場合がある。このような足入れのみの靴選びでは歩行に伴い生じる靴内での不具合や脚への負担などの判断に限界のあることが推測される。つまり靴のサイズ選びには足型と靴型のフィッティングに加え、歩行時における脚への負担など機能的な適合性をみることも重要だと考えられる²⁾。そこで本研究では、靴サイズ(ウィズ)の違いによる歩行への影響を下腿の筋電図や足底圧計測、床反力計測、主観的評価などを行うことで、特にウィズと歩行動作の関係を歩行解析から明らかにすることを目的とする。また評価手法も合わせて検討していく。

(2011/10/28 受付)

連絡先: 林 亮誠 〒171-8580 東京都豊島区目白
1-4-8 株式会社デサントマーケティング部門
シューズマーケティング部
TEL 03-5979-6032 FAX 03-5979-6102
E-mail r-hayashi@descente.co.jp

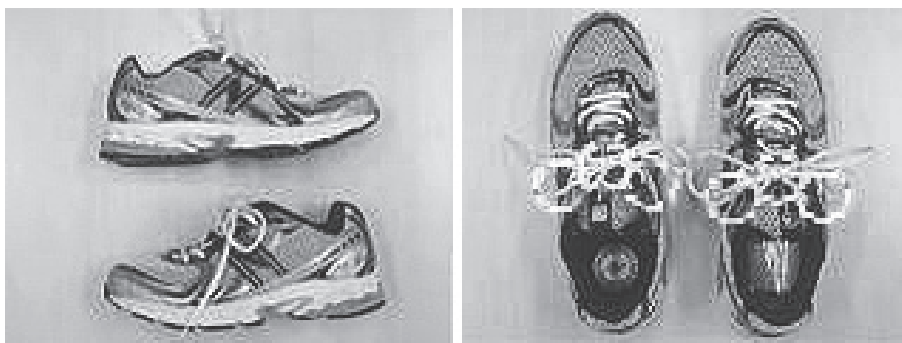


図 1. 実験で使用したランニングシューズ（上図中の○印は圧計測箇所）

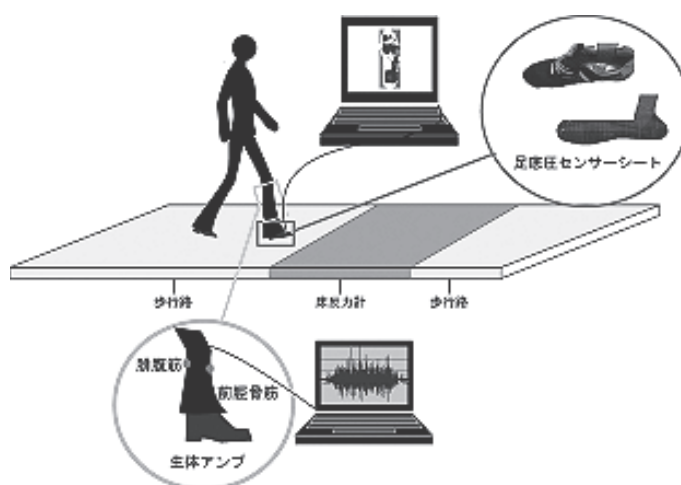


図 2. 実験計測の概要

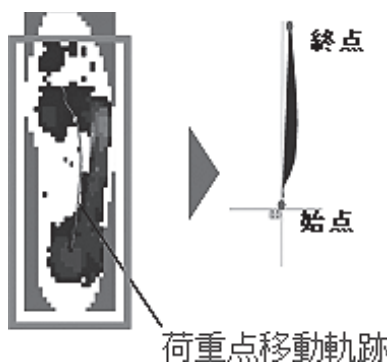


図 3. 荷重点移動軌跡がなす面積

対象と方法

被験者は健康で脚に大きな受傷歴がなく、シュー

ズの適正足長が 26.5cm のウィズ D の男子大学生 5 名（年齢 23.6 ± 1.4 歳，身長 170.6 ± 6.4 cm，体重 62.8 ± 5.2 kgf，足長 256.6 ± 1.3 mm，足囲 248.6 ± 5.2 mm，足幅 100.2 ± 1.1 mm）とした．今回の実験において，脚に大きな受傷歴のない被験者にすることで，靴のサイズと歩行動作の関係を明らかにし，今後の様々な被験者に対して実験を行うことを考え，被験者の選定を行った．実験に先立ち，実験中に想定される危険や安全への配慮，個人情報の管理などに関して説明し同意を得た．実験対象の靴は図 1 に示す N 社製のランニングシューズでサイズは 26.5cm とし，靴のインソールサイズでウィズ D，（足長 275mm，ウィズ 100mm）2E，（足長 275mm，ウィズ 104mm）4E，（足長 275mm，ウィ

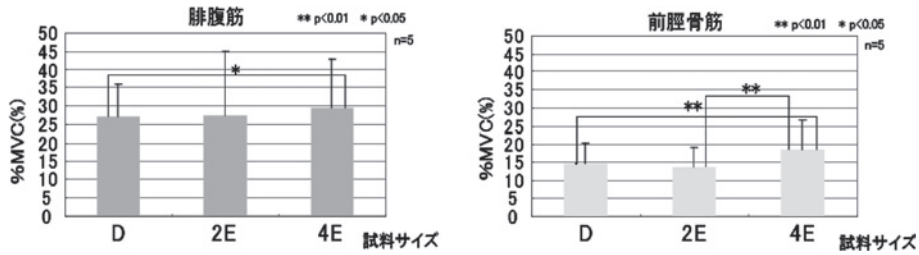


図4. 前脛骨筋と腓腹筋の積分筋電位の結果

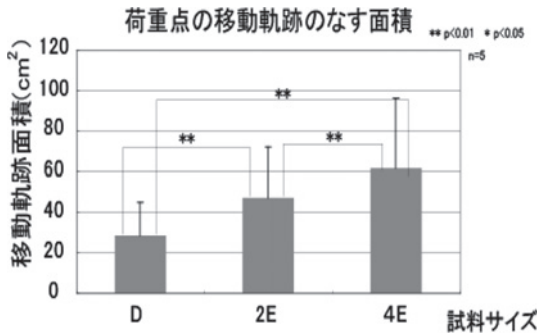


図5. 荷重点の移動軌跡のなす面積

ズ108mm)の計3種類を使用した。ウィズはD⇒2E⇒4Eの順序で大きくなる。ウィズによる影響を検証するために、実験用の靴下は同一のものを用意し使用した。また、靴の履き方も統一をさせるために、紐の締める圧力を図1に示した3箇所にて $35 \pm 5 \text{ gf/cm}^2$ で設定した。図2に示すように、実験室内に約10mの歩行路を用意し、中央部には床反力計を設置した。試技として、歩行路上を各靴について、適正サイズ(26.5cm ウィズD)、ウィズE、ウィズ2Eの順で10回ずつ歩行させた。被験者には、右靴のインソールに、足型の薄型圧力センサシート(ニッタ(株)F-scanシステム)を敷いて履かせた。同時に筋電図用アクティブ電極(Delsys社製DE-2.1)を、右下腿の前脛骨筋と腓腹筋に付け、歩行時の筋電図を計測した。また、歩行路に設置した床反力計で接地中(立脚期)の床反力波形を計測した。さらに各靴の実験試技が終了するごとに、適正サイズ(ウィズD)を基準とした歩行感覚に関するアンケート調査で蹴りだし

やすさ、履き心地、衝撃感、フィット感の4項目について-3(悪い)~+3(良い)の7段階評価してもらった。解析では歩行動作の再現性を検討するために、図3に示すように、足型の薄型圧力センサシートから得られた全試技の荷重点移動軌跡について始点を揃え、それら軌跡でなす面積を算出した。前脛骨筋と腓腹筋の筋電図波形については、床反力計から立脚期のデータを抽出し、その区間の筋電位を時間積分してMVC(最大随意筋収縮)で規格化した(%MVCと表す)。床反力では、図4上に示すような立脚期の床反力波形の特徴点としてかかと接地時(F1)、接地時(F2)、変曲点(F3)、蹴り出し時(F4)、つま先離地時(F5)の値を抽出した。歩行感覚についての主観的評価では、各項目を得点化し平均した。そして動作の再現性の指標として、それぞれの計測結果の変動係数を算出した。なお、各計測量に対してはt検定を行った。

結 果

前脛骨筋および腓腹筋の%MVCの平均値と標準偏差を図4に示す。ウィズがDより2E、4Eと大きくなることで前脛骨筋の%MVCは適正サイズよりも有意($p < 0.05$)に大きかった。また、腓腹筋の%MVCにおいてもDより4Eになることで有意($p < 0.05$)に大きくなり、脚における筋負担が増加する傾向があった。図5に示す荷重点の移動軌跡のなす面積³⁾の結果と図6に示す蹴り出し時の床反力の値の結果及び図7に示す接地時間の結果では、ウィズがDより2E、4Eと大きくなる場合、荷重

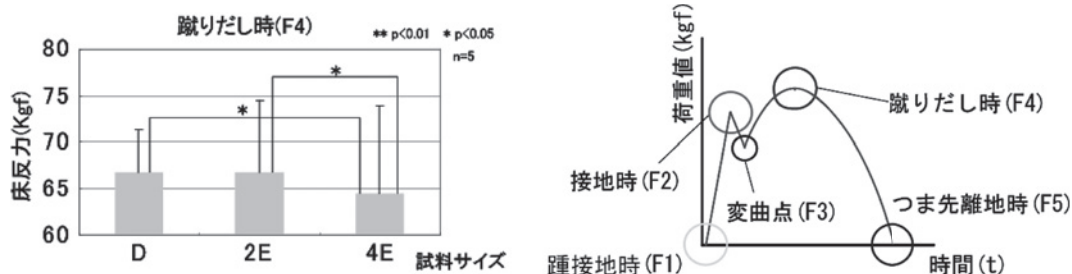


図6. 蹴り出し時の床反力の値

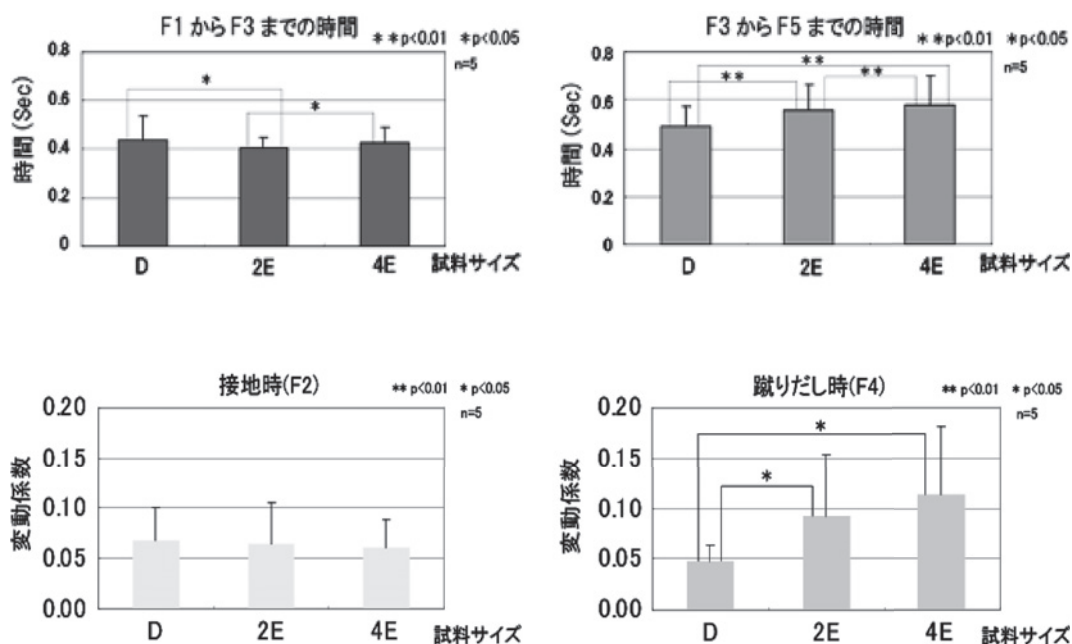


図7. 接地時間及び変動係数について

点の移動軌跡がなす面積が有意に ($p<0.01$) 大きくなり、蹴りだし時の床反力の値 (F2) が有意に ($p<0.05$) 小さくなる傾向がみられ、D に比べ 2E, 4E と大きくなると、床反力の変曲点 (F3) からつま先離地時 (F5) の時間が有意 ($p<0.01$) に長くなる結果が得られた。また、接地時 (F2) の床反力の変動係数の結果では、ウィズが D に対して大きくなることによる有意な差はみられなかった。しかし、蹴りだし時 (F4) の場合は、ウィズが適正サイズ (D) に対して 2E, 4E と大きくなることで、有意に ($p<0.05$) 大きくなった。図 8 に示す

アンケート結果からは、フィット感については D に比べ 2E, 4E と大きくなると有意に ($p<0.01$) 評価が高く、蹴りだしやすさについては D に比べ 2E, 4E と大きくなると、有意に ($p<0.05$) 評価が高くなるが、接地時の衝撃感については小さくなる(衝撃を感じなくなる)傾向がみられた。フィット感、蹴り出しやすさ、履き心地では 2E が最も評価が高く、衝撃感では 4E が最も良くなる結果となった。

考 察

ウィズが大きくなることで蹴り出し時間の増加、

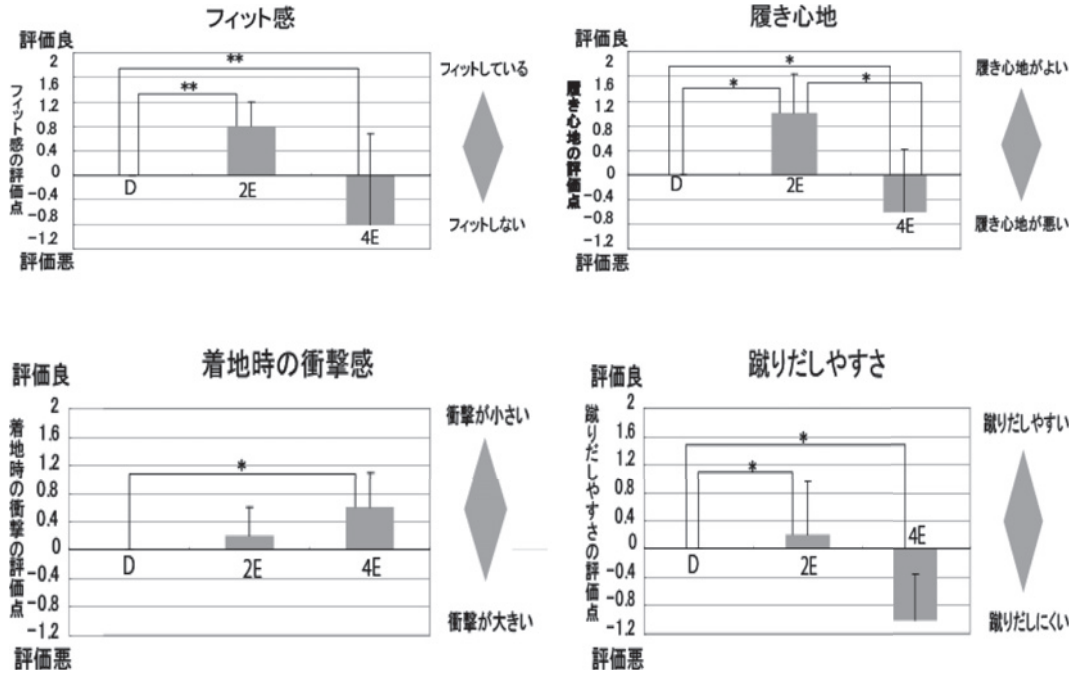


図 8. 歩行感覚に関するアンケート結果

移動軌跡における再現性の低下など歩行動作に影響を与える原因として、靴内で足の左右へのズレが推測される。床反力の力積に変化がないことから、蹴りだし時に靴内で足がズレることで着地時間が延び、接地時 (F2) および蹴りだし時 (F4) の床反力の値がともに小さくなるのではないかと推測される。また、適正サイズ (D) に比べ 2E, 4E と大きくなると、床反力の変曲点 (F3) からつま先離地時 (F5) の時間が有意に長くなる。このことから、ウィズが大きくなると靴内において空間ができズレが生じることによって蹴りだし動作に影響を与えられ、と考えられる。しかし、歩行についての心理評価では、全ての項目で適正サイズ (D) より 2E が高い評価点となった。これは一般的な靴選びにおいて、ややゆとりがあるものを良しとする習慣が影響していると考えられる。ただし、脚への負担及び歩行動作への影響の視点から考えると、適正サイズに比べて下腿では負担は増加し歩行動作にも再現性が低下するなどの影響がある。以上のことから、着地時の脚の筋電図や床反力か

ら歩行動作の再現性を解析することは、使用者と靴との機能的な適合性を評価する上で一つの指標となることが示唆された。

結 語

靴のウィズに関しては適正サイズよりも大きいサイズを履くと、蹴りだし力のピーク値の接地時間、荷重点の移動軌跡が変化するなど歩行に影響を与えることが認められた。これらのことから、靴のウィズが適正サイズより大きくなると靴内で足の左右へのズレが生じることで歩行動作の再現性が低下し、脚への負担を増加させる可能性が推測される。本研究で扱った接地時間や床反力の値などの各計測量は使用者と靴サイズの機能的適合性を評価する上で指標となることが示唆された。靴を選ぶには、靴型と足型のフィッティングに加え候補となる靴の靴内での足のズレが少なく、蹴りだし動作がうまくできるかをチェックすることが望ましいといえる。

文 献

- 1) 福岡正信. シューズはどう科学されるのか—シューズ機能の評価方法—. 日本機械学会誌 1992;95 (888): 28-32.
- 2) 山崎信寿. 足と靴の適合性. バイオメカニズム学会誌 1983;7: 14-8.
- 3) 林 亮誠. 靴のサイズと歩行動作の関係に関する研究. 靴の医学 2010;23 (2): 19-24.
- 4) 中村隆一, 齊藤 宏. 基礎運動学. 第5版. 東京: 医歯薬出版; 2000. 342-50.
- 5) Rossi WA, Tennant R. PROFESSIONAL SHOE FITTING. 初版. プレジデント社編. 東京: 日本製靴; 1987. 81-109.
- 6) 細谷 聡. 婦人靴のヒール高が歩行に及ぼす影響. 靴の医学 2007;21 (2): 51-5.

足底挿板が片脚立位重心動揺に及ぼす影響

The influences of insole on body sway in one leg standing

亀田クリニック リハビリテーション室
Department of Rehabilitation, Kameda Clinic

石川 修平
Shuhei Ishikawa

Key words : 足底挿板 (insole), 重心動揺計 (stabilograph)

要 旨

靴を脱いだ後にも、足底挿板の影響が持続するのについて検証した。健康成人 10 名に対し、足底挿板使用前中後の総軌跡長を重心動揺計にて測定した。測定時の姿勢は、閉眼での左片脚立位とし、使用前を基準とした変化率で統計処理を実施したところ、足底挿板使用時に生じた変化は、使用後持続しなかった。

緒 言

足底挿板は、治療の一環として用いられており、バランスや身体アライメントの改善などの様々な影響が報告されている^{1)~3)}。しかし、屋内で靴を脱ぐ習慣のある日本では、足底挿板を使用しない時間が多くあり、自身の経験上、足底挿板を除けば、それらの影響がなくなることを経験する。先行研究では、足底挿板を使用している間の効果を報告している研究は多いが、足底挿板を外した後の影響について報告しているものはない。よって、本研究では、靴を脱いだ後にも、足底挿板の影響が

持続するのについて検証した。

対象と方法

対象は、下肢に疾患のない、健康成人 10 名(男性 5 名, 女性 5 名)で、平均年齢は 25.9 ± 4.0 歳である。足底挿板は、内外側縦アーチ・横アーチを上げることが目的とし、各対象への介入を一定にするために、既製で同じ形状をしたアーチパッドを使用した。(図 1) 重心動揺の測定には、anima 株式会社製 TWIN GRAVICORDER G6100 重心動揺計を使用し、総軌跡長(重心の一定時間内の総移動距離)を測定した。計測条件は、足底挿板使用前 4 回(以下、第 1 期とする)、使用中 4 回(以下、第 2 期とする)、使用後 4 回(以下、第 3 期とする)測定した条件(以下、介入条件とする)と、足底挿板を使用せず同様に 12 回測定した条件(以下、非介入条件とする)の 2 条件とした。(図 2) この 2 条件は同一対象で別日に測定した。介入条件、非介入条件ともに、測定時間は、1 回 40 秒と規定し、測定間隔を開けずに測定を行った。測定時の姿勢は、視覚条件を一定にするために、閉眼での左片脚立位とした。そして、上肢での代償動作を制限するために、両上肢は腕組みの状態とした。(図 3) 靴や靴下の影響を排除するために、靴・靴下を使用せず、足底挿板は直接裸足に貼付した。対象への声掛けは、対象への励ましなどの精神面

(2011/10/28 受付)

連絡先: 石川 修平 〒296-0041 千葉県鴨川市東町 1344
亀田クリニック
TEL 04-7099-2211 (代) FAX 04-7099-2301
E-mail lesch_nyhanjp@yahoo.co.jp



図 1. 既製の足底挿板

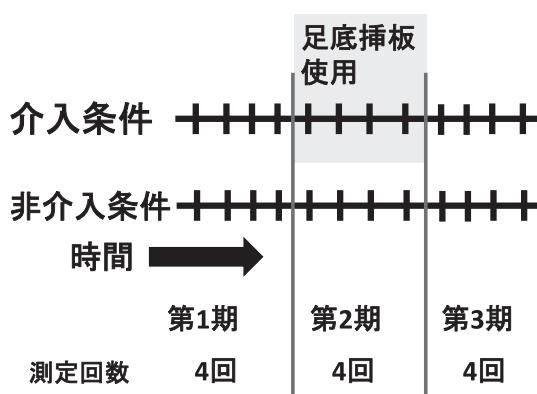


図 2. 計測条件

への介入を一定にするために、経過時間のみを知らせるようにした。データは第1期・2期・3期の各測定データ4回分の平均値をとり、第1期の平均値を基準として、第2期・3期における変化率を算出した。その上で、それぞれの条件の中で、第1期と第3期を比較した。比較には対応のあるt検定を用いた。加えて、それぞれの条件の中で、第2期と第3期を比較した。比較には、対応のあるt検定を用いた。さらに、それぞれの条件の中で、第2期の値を比較し、第3期の値も比較した。比較には、対応のないt検定を用いた。統計処理には、マイクロソフト Excel のアドインソフト Statcel 3 (著作：柳井久江, 2011)⁴⁾を使用した。

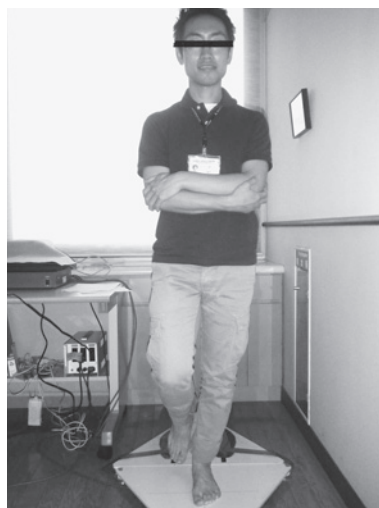


図 3. 測定姿勢

結 果

変化率は、介入条件において第2期 $98.2 \pm 7.5\%$ 、第3期 $91.2 \pm 12.2\%$ であり、非介入条件において第2期 $89.7 \pm 4.3\%$ 、第3期 $84.5 \pm 9.4\%$ であった。介入条件、非介入条件ともに第1期・3期の間で、有意に減少し(介入条件 $p < 0.05$, 非介入条件 $p < 0.01$)、第2期・3期の間でも有意に減少した(介入条件・非介入条件ともに $p < 0.05$)。介入条件・非介入条件の第2期における値の間には有意差があったが、第3期の値の間には有意差がなかった。(図4)

考 察

本研究で予想していた仮説は、足底挿板を使用することにより総軌跡長変化率が非介入群より減少し、足底挿板を外した後でもそのデータが持続され、変化が持続するというものである。もしくは、足底挿板使用後のデータが非介入群のデータに近づくようであれば、変化は持続しなかったという仮説である。しかし、本研究では、仮説と異なり、足底挿板を使用中のデータより非介入群の方が減少し、加えて、使用後には両条件間で差がなくなったという結果となった。

まず、足底挿板を使用中のデータが非介入群よりデータが減少しなかったという結果に関しては、

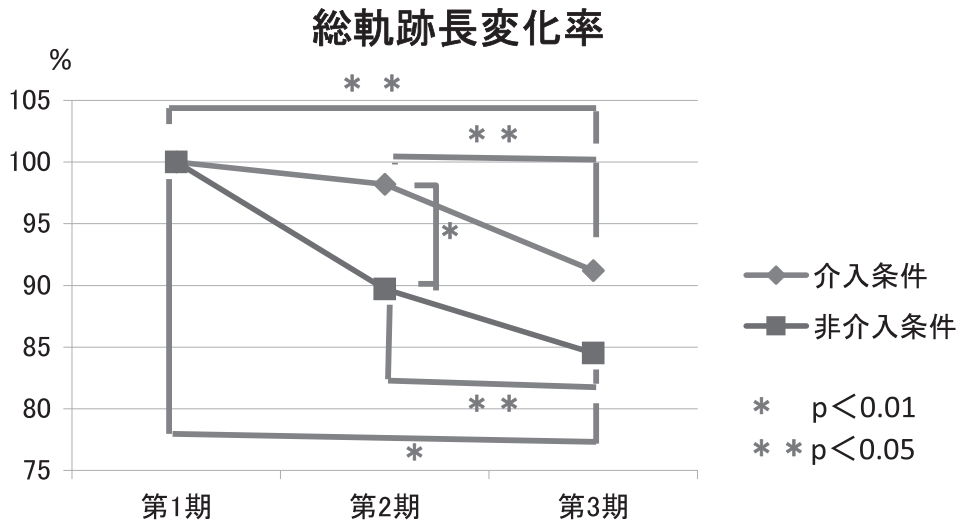


図4. 測定結果

足底挿板の個別性が影響していると考えられる。石黒らは、症例に合わせた足底挿板を用いて、重心動揺の減少を報告しており²⁾、内田らは、足部の状態などの静的評価、歩行などの動的評価を行い、足底挿板を作製することを報告している⁵⁾。つまり、臨床で経験しているが、足底挿板の影響を十分に出すためには、個別に作製する必要がある。しかし、本研究では、全対象に対して、同一の介入をするために既製の足底挿板を使用したため、仮説とは異なった結果になったと考えた。

次に、第3期に両条件間でデータに差がなかったことに関しては、仮説で想定していたように、足底挿板を使用したことによる影響が持続しなかったと考えられる。この結果に関しては、介入期間の短さが影響していると考えられる。清水らは、足底挿板を3か月使用することにより、外反母趾角の改善という構造的変化がみられたことを報告した⁶⁾。足部構造が保たれていれば、使用後も機能的な変化が持続するはずであるが、本研究では使用期間が極端に短いことから、構造的変化が起らなかったものと考えられる。加えて、足底挿板を清水らの報告⁶⁾では、個別に作製しているため、前述したように今回の既製の足底挿板では十分な構造的変化が得られなかったとも考えられる。つまり、

足部の筋が効率よく作用する、足底挿板により保持されていたアライメントが、足底挿板を外すことで元に戻ってしまったため、影響が持続しなかったと考える。

結 語

既製の足底挿板をごく短期間使用した条件においては、足底挿板の影響は持続しなかった。今後は、足底挿板の使用期間や、足底挿板を個別に作製することを介入条件として検討する必要があると考える。

文 献

- 1) 大橋ゆかり. 足底挿板と身体アライメント. 理学療法 2000;17 (5):462-6.
- 2) 石黒幸治他. 足底挿板が立位バランスに与える影響について～重心動揺計を用いての検討～. みんなの理学療法 2006;18:27-9.
- 3) 上村一貴. バランス能力を向上させるインソールの有効性. 理学療法京都 2010;39:145.
- 4) 柳井久江. 4steps エクセル統計. 第3版. 埼玉:オーエムエス出版;2011.
- 5) 内田俊彦他. 下肢疾患(足部および足関節, 膝, 股関節)に対する足底挿板(Dynamic shoe insole)療法. リハビリテーション医学 1991;28 (12):1021-2.
- 6) 清水新悟他. 外反母趾角を短期間で改善させるための足底挿板療法の試み—外反母趾角の改善が得られた1症例を通して—. 理学療法学 2009;36 (6):329-35.

“足袋” に作製した足底挿板の紹介

The introduction of a method of making shoe-insole with “TABI”

¹⁾戸塚共立リハビリテーション病院リハビリテーション科

²⁾戸塚共立リハビリテーション病院 整形外科

³⁾NPO オートティックスソサエティー

¹⁾Department of Rehabilitation, Totsuka Kyoritsu Rehabilitation Hospital

²⁾Department of Orthopedic Surgery, Totsuka Kyoritsu Rehabilitation Hospital

³⁾Nonprofit Organization of Orthotics Society

小林 文子¹⁾, 東 佳徳¹⁾, 金森 輝光¹⁾,
久保 実²⁾, 内田 俊彦²⁾³⁾

Fumiko Kobayashi¹⁾, Yoshinori Higashi¹⁾, Terumitsu Kanamori¹⁾,
Minoru Kubo²⁾, Toshihiko Uchida²⁾³⁾

Key words : 室内用足底挿板 (indoors shoe-insole), 足袋 (tabi), 観察による歩行分析 (gait analysis by observation)

要 旨

我々は足袋を用いて室内用足底挿板を作製している。その方法を紹介した。

作製方法は、各患者の足サイズに合った足袋を用意、足袋型に中敷きをカットしその中敷きに既製アーチパットを貼付した。足底挿板形状は観察による歩行分析を用いて処方した。足底挿板なしの歩行姿勢を観察、その動きの評価からアーチパットを調整し、再度歩行姿勢の観察を行う。逸脱した動きの改善を評価、左右対称的な動きのバランス改善を確認していくという過程を繰り返した。足袋を使用し生活してもらった後での結果は痛み軽減・消失と症状の改善を認めた。一人ひとりの患者に合わせて足底挿板形状をカスタマイズで

きる足袋用足底挿板は有用であると考える。

緒 言

当院にて足底挿板外来を開始してから2年が経過しようとしている。様々な患者と接していると室内歩行でも痛みが強く出現し、部屋の中の歩行でさえも支障があると訴え、「屋外は靴でいいけれど、室内は何を履いたらよいか？」と室内用装具を要望される患者が多い。今までに室内・治療用装具として、スリッパ、サンダルなどに足底挿板を作製してきたが、障害を持つ大部分の患者は60代から80代の層で、畳を中心とした生活スタイルを持っている特徴がある。スリッパ、サンダルではぴったりとした日本家屋の生活スタイルにあてはまりにくい点があった。そこで、畳生活にもフローリング生活にも適している治療用装具として、室内用足底挿板作製の工夫の必要性がでてきた。当院では“足袋”の中に足底挿板を作製し¹⁾、室内用として使用を薦めている。使用している患者のほとんどは足袋にはもともと馴染みがあり抵抗な

(2011/11/01 受付)

連絡先 : 小林 文子 〒245-0016 神奈川県横浜市泉区
和泉町 4259-1 戸塚共立リハビリテーション病
院リハビリテーション科
TEL 045-800-0320 FAX 045-800-0321
E-mail f_kobayashi@tmg.or.jp



図1. 方法. 足サイズに見合った足袋の底面ゲージに合わせて2又は3mm厚のフラットな素材を中敷きとする.

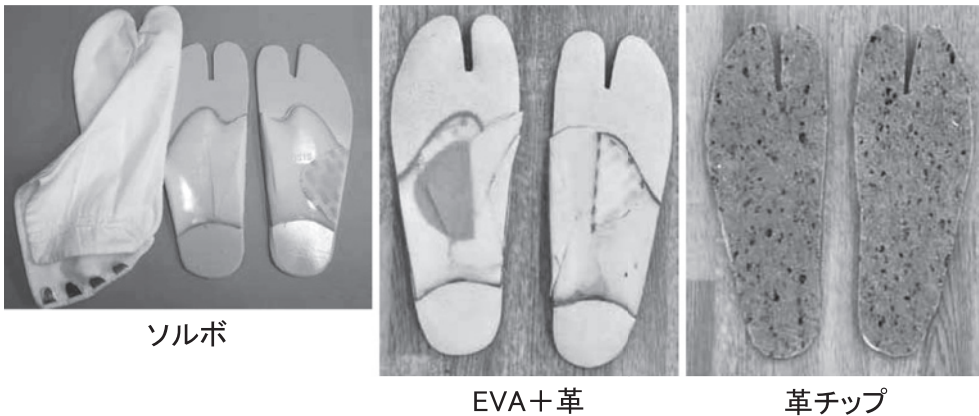


図2. 中敷きの材料

く用いられ、好評を得ている。今回，“足袋”を用いた室内・治療用足底挿板の作製方法を紹介する。

対 象

対象は、当院に受診した足・膝関節疾患を有する独歩可能な患者(外反母趾5名、強剛母趾5名、モートン病、外傷後の中足骨痛4名、後脛骨筋機能不全4名、変形性膝関節症3名)21名(女性20名、男性1名)である。年齢は42歳から82歳、平均64.7歳である。

方 法

対象には、足のサイズ計測後、足サイズに見合った足袋を用意、2mmまたは3mm厚のフラットな素材(ソルボ、EVA+革、革チップなど)を中敷き(図1、2)とし、足袋の底面ゲージに合わせて

足袋型にカット、足袋型の中敷きに既製アーチパットを貼付した。

アーチパット作製には、まず、足底挿板なしでの足袋をはいた状態で、前後方向からの歩行姿勢を観察する。(図3)その歩行姿勢を評価して、どのような動きから痛みが生じるのか、健常歩行から逸脱した動きを捉える。その逸脱した動きを改善するための足底挿板形状を処方した。

逸脱歩行の特定方法は、過回内による運動パターンと過回外による運動パターンとに大きく二つに分類することができる。過回内による動きのパターンには足部を回外方向へ、過回外による動きのパターンには足部を回内方向へ誘導する形状の処方を、また、脚長差を呈しているタイプには補高の調整を処方した。基本形状決定後、その形状パットを挿入した足袋で再び、歩行姿勢の観察を行っ

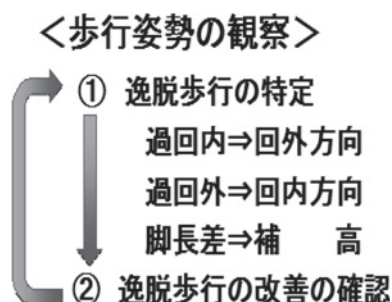


図3. アーチパッドの作製

た。パットの高さがさらに必要な場合は内側・外側・横アーチ部分のパットの追加を行い、再度、歩行姿勢観察より、正常歩行から逸脱した動きの改善、または左右対称的な動きのバランスの改善を確認していく、という過程を繰り返した。目的とした歩行パターンとなり、患者の主訴・症状が軽減または消失したことを確認したら、調整終了とした。フォローアップとしておおよそ1ヶ月に一度の頻度で来院してもらい、歩容・症状の状態をチェックした。

結 果

実際に室内にて足袋で生活してもらった後の結果として痛みの消失・軽減と症状の改善が認められた。使用後の患者の感想として「足が軽くなった」、「歩きやすい」、「踏ん張りやすい」、「中敷きがずれにくい」、「家の中でも普通に生活が送れる」などの声が聞かれた。

症例供覧

70歳の女性で一年程前から右足部内側から前面の疼痛と腫脹が出現、他院にて後脛骨筋腱炎の診断を受けた。装具を作製したが痛み・腫脹が改善せず、当院に来院した。右下腿から足関節にかけての内側優位の腫脹が観察される。立位全下肢X線像において左下肢の短縮を認める。(図4)

足底挿板なしの足袋のみの歩行では、右足部周囲の痛みのため右立脚期に右下肢への重心移動が十分行われず、立脚期から推進期にかけての蹴り

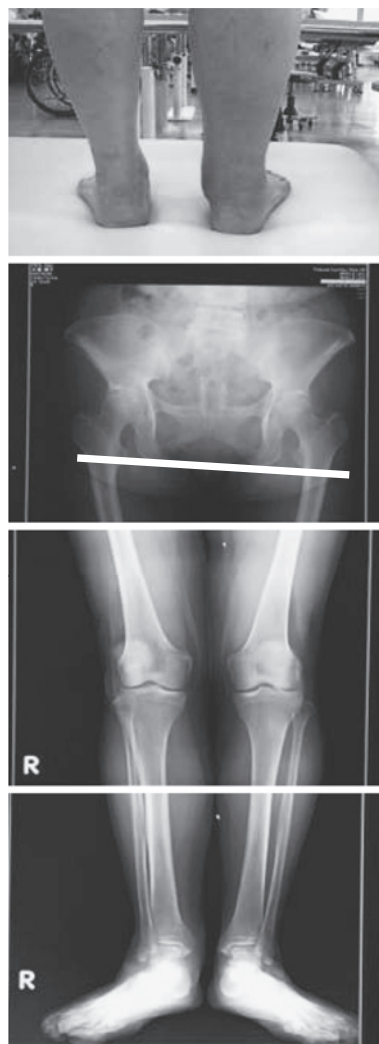


図4. 症例供覧

出し動作に繋がりにくい歩容を呈している。左立脚期では左下肢短縮に伴い、骨盤帯と肩甲帯が左外側方に傾き、左足は過回外の動きを認める。足底挿板の処方では右足においては痛みの消失または軽減を図り、蹴りやすくすること、左下肢は脚長差の補正と左足過回外の動きを抑えるため回内方向への動きに誘導することとした。足底挿板挿入後の足袋での歩行では痛みが消失した右立脚期から推進期にかけての蹴り出しの動きが改善、左立脚期では骨盤帯と肩甲帯の左側方への傾きの改善を示している。(図5)

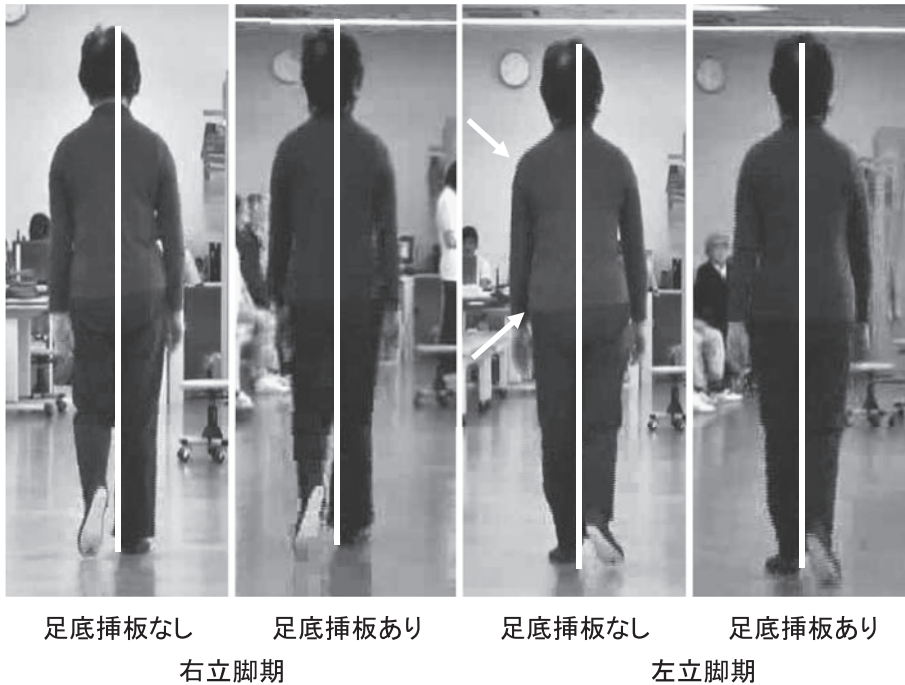


図 5. 歩行姿勢の観察



図 6. 室内用足袋インソール. 左には3ミリの補高を加えた.

足底挿板形状は右においては、疼痛軽減の目的で載距突起部分を加えて高くし右足部の過回内への落ち込みを抑制, 左は3mm 補高調整にて下肢短縮を補正, 外側アーチを高くすることで左立脚期に体幹が左外側方に傾くのを防止, 内側アーチの

載距突起部分を削り低くすることで左足の動きを回内方向へ誘導するよう作製した。(図 6)

考 察

一般的に室内治療用装具といえば、スリッパ、サンダル、義肢装具士が作製している足底装具などがある。しかし、従来の装具は一旦作製すると、修正が必要な場合でも修正が困難という不便さがある。臨床で、ベルクロタイプの装具にアーチの高さ調整をすると出来上がりの外観はあまりよいものでないものとなってしまった経験がある。(図 7)最近では転倒防止用に改良された靴下があるが靴下も同様に調節性がなく、歩行中、靴下の中で足のずれが生じてしまうデメリットがある。こうした従来の作製方法の問題点を踏まえ、我々は室内・治療用装具として“足袋”に足底挿板を処方・作製に至っている。

足底挿板を作製する上において、歩行姿勢を変えるためには足底挿板形状は非常に重要である²⁾。従来の義肢装具士の作製方法は静的状況下におい



作製されたままの装具

修正した足底挿板

図7. バルクロタイプの装具

て足形を採取してモデルを作製する方法であり、その際、足底のどの部分にどのようなパッドを使用するかは疾患によってマニュアル化されている²⁾。人間の歩行動作は、誕生後早期に、また無意識下で学習されたもので、非常に原始レベルなプログラミングが行われており、個々の運動パターンに特徴がある³⁾。加えて左右の足の動きにも個々に違いがもともとあり、特に痛みを伴った足では足の動き方の違いが左右で強くでてくることが多い。たとえ同じ障害であっても歩行パターンがそれぞれ個々に異なり、形状においても患者により全く違ってくるのは必然である。内田は、左右のバランスのとれた動き方が出てくると、痛みは消失ないし軽減する。したがって、歩行姿勢を評価してどういう動きが痛みを出す動き方なのかを考え、足底挿板形状を考えることが足底挿板作製における基本である²⁾と述べている。足底挿板処方・作製・効果判定という一連の流れの中には動的状況下での歩行姿勢の観察の評価は必要不可欠な要素であると考ええる。

足袋用足底挿板は内・外側アーチ・横アーチ、補高の調整がその場で何度でも容易に修正することが出来る。また、疾患による足底挿板形状の違い、歩行時の足の動きの違いに応じ、左右異なった形状を作製することが可能である。そして歩行姿勢観察をすることにより、バランス、痛みの出具合を確認し、効果判定を得ながら作製できるという利点がある。効果が発揮できているか否かは

生活環境状況下で使用してみないと判断できないことが多い。従来の装具は作製したらそのままのケースが多く、その後のチェックをしている場面は少ないと見受けられる。作製後、フォローアップを設定、変化した歩行パターンに微調整を加えることも重要と考える。カウンターが弱いという欠点はあるが、従来の装具や靴下と比較し、足袋用足底挿板にはそれらでは補えない特徴がある。一人ひとりの患者にカスタマイズできる足袋用足底挿板は大変有効的であると考えている。

足底挿板に期待される機能としては一般的に、アーチなどに対する支持機能、足部変形などに対する矯正機能、代償機能、免荷機能の4つが挙げられる⁴⁾。加えて、我々が症例供覧にて紹介したとおり、足袋用足底挿板にて足を踏ん張らせることで足の動きの変化を生じさせ、姿勢制御・歩容の変化・動的アライメントの改善につながる運動的要素があると考えている。裸足に近い状態で感覚情報を受け取れる履物を履くことや、足底挿板を用いて足部アライメントを整えることによって、正常な感覚入力を得ることが重要と考えられている⁴⁾という足底感覚刺激を介した姿勢制御機能⁴⁾に関する報告もあり、足底挿板としての役割が広がっている。今後、裸足に近い履物である足袋用足底挿板は症状改善の他に高齢者転倒予防にも繋がる役割を果たす可能性があると考える。転倒予防用の靴下など、他の商品との比較検討を今後の課題としたい。

結 語

1. 室内用の履物として“足袋用”足底挿板を作製した.
2. 従来使用している室内治療用装具に代わり, 足袋用足底挿板は症状の軽減・消失に有効であった.
3. 足底挿板処方・作製にあたり歩行姿勢の観察は必要不可欠な要素である.

文 献

- 1) 内田俊彦他. 強剛母趾に対する足底挿板療法. 靴の医学 2003;17:45-50.
- 2) 内田俊彦. 足底挿板の現状: 歩行解析の知見から. 日本義肢装具学会誌 2008;24:141-6.
- 3) 入谷 誠. 足底挿板療法 (dynasole PC). 整形外科理学療法 of 理論と技術. 山崎 勉編. 東京: メジカルビュー社; 1999. 62-83.
- 4) 坂本雅昭他. 理学療法における足底挿板活用の意義と課題. 理学療法 2011;28:419-27.

Windlass Action による足部形状の変形動態に応じた 内側縦アーチパッド高の検討

Study of the medial longitudinal arch pad height corresponding to deformation dynamics of the foot by windlass action

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 of University of Health and Welfare

赤石 恒一, 阿部 薫
Koichi Akaishi, Kaoru Abe

Key words : Windlass Action, 変形 (Deformation), 内側縦アーチパッド (Medial longitudinal arch pad), 高さ (Height)

要 旨

筆者らの先行研究¹⁾では、パッドを用いて「半荷重時の舟状骨高×0.88」の値に舟状骨高を調整すると平面上での静止立位バランスが最も安定するとしたが、ヒールのある靴を履いた際の Windlass Action (WA) の影響を考慮していなかった。そこで本研究では、WA による足部形状の変化に応じた内側縦アーチパッドの設定を立位バランスにより検討することを目的とした。

WA に伴う足部寸法変化の測定と内側縦アーチパッド高変化による立位バランスについて検討したところ、中足趾節関節 (MTP 関節) 背屈 0~10° 間では、足部寸法と立位バランスが安定する内側縦アーチパッド高に変化がみられないことが確認された。背屈 10° は約 3cm のヒール靴に相当するため、前式を用いたパッド高はヒール高 0~3cm

間で適応できることが示唆された。

背 景

内側縦アーチパッドの研究は、足部疾患の治療について多く報告されているが健常者を対象とした研究は少ない。内側縦アーチパッドは、足部疾患の治療以外にも足底部とインソールとを全面接触させ足底部の圧力を分散し疼痛の緩和をすることや、足部アライメントを調整することで立位バランスを安定させるなどの機能を持つ。そのため一般市場にパッドを用いたコンフォートシューズが販売されている。しかしながらパッドの設定には統一基準が無いため、メーカーの独自基準によって設計されている。足部に適合しないパッドを使用すると足部の健康状態に悪影響を及ぼす可能性があるため、最適な内側縦アーチパッドの設定基準を定量化することが必要である。定量化するためには、「高さ、位置、形状、硬度」の4つの要因が必要である。しかしながら人の足の標準化は困難であり、これらは分離して実験することができないため、現時点での実験モデルとして硬く変形の少ないパッドを外観上の内側縦アーチが頂点と

(2011/11/28 受付)

連絡先: 赤石 恒一 〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398 新潟医療福祉大学大学院 靴人間科学研究室
TEL・FAX 025-257-4525 (研究室直通)
E-mail ham10001@nuhw.ac.jp



図 1. 踵上げ装置

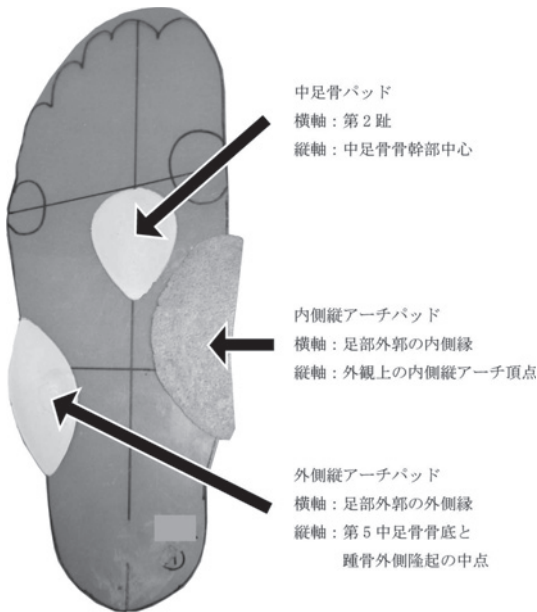


図 2. パッド設定位置



図 3. 立位バランス測定

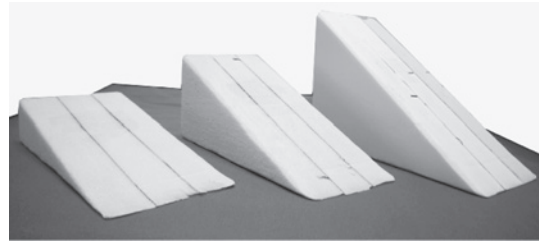


図 4. 差高板（左から 10°, 20°, 30°）

対 象

被験者は健常女性 12 名（平均 25.4 ± 4.5 歳）で、両側 24 足を対象とした。

方 法

(1) 足部寸法測定

踵上げ装置（図 1）を用い、中足趾節関節（MTP 関節）背屈角（0°, 10°, 20°, 30°, 40°）の 5 条件で足部測定（舟状骨高、外観上の内側縦アーチの頂点）を行った。測定肢位は、内果間 10cm、平行開脚位とした。

(2) 立位バランス測定

1) パッドの設定

ベドカルテを用いて足部外郭をトレースし、パッド位置を設定した。（図 2）横アーチおよび外側縦アーチ部にはエムソルド社の発泡ラテックス製パッ

なるように配置し、高さを変化させて検討した。

また筆者らの先行研究¹⁾では、パッドを用いて「半荷重時の舟状骨高 $\times 0.88$ 」の値に舟状骨高を調整すると立位バランスが最も安定するため、舟状骨高は内側縦アーチパッド高の主要な決定因子であるとした。しかしヒール靴を使用すると Windlass Action (WA) によって足部形状が変化するため、全ての靴に適應することはできない。そこで本研究では、WA による足部形状の変化に応じた内側縦アーチパッド高の設定を立位バランスにより検討することを目的とした。

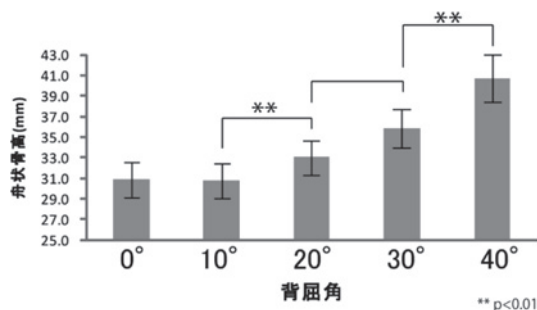


図5. 舟状骨高の変化

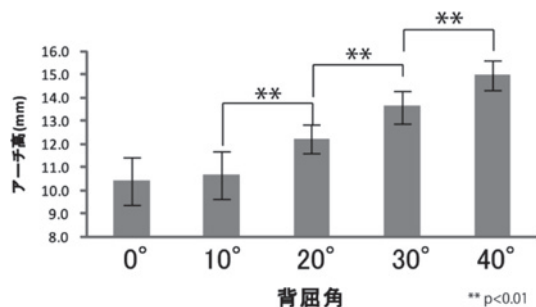


図6. 外観上のアーチ最高点の高さ変化

ド(中足骨パッド: EM2031-2, 外側縦アーチパッド: EM7005M-1)を使用した²⁾。内側縦アーチ部については足部のアライメント調整効果の判別精度のため硬化性コルク粘土を使用してエムソルドパッド(内側縦アーチパッド: EM6222)の形状を模写したものを使用した。

パッド高の調整は、アクリル板(幅10mm, 長さ30mm, 厚さ1mm)を内側縦アーチパッドの頂点に差し込み調整した。(図3)

2) 測定方法

内側縦アーチパッドを用いて式1の値に舟状骨高を調整したパッド高を基準値とし、高さを5段階(+1, +2, +3, +4, +5mm)に増加させた時の重心移動平均速度[mm/s]について、各MTP関節背屈角(0°, 10°, 20°, 30°)により測定した。差高板(図4)の底面積(縦190mm, 横90mm)を統一し、測定肢位は内果間10cm, 平行開脚位にて、測定時間は30秒とした。測定器は足圧分布測定器Foot View Clinic(ニッタ株式会社)を用いた。

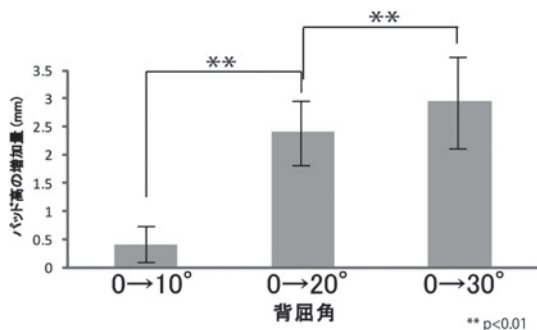


図7. 立位バランスが最も安定した時の内側縦アーチパッド高の増加量

(3) 統計分析

足部寸法と立位バランス測定の各条件間の比較には、ウィルコクソン順位和検定(Wilcoxon t-test)を用いた。

結 果

(1) 足部寸法測定

MTP関節背屈角を多段階に分け、各背屈角での舟状骨高と外観上のアーチ最高点を測定した結果、両者共に背屈0°および10°では変化がなく、10°を超えると上昇することが確認された。また各背屈角における測定値を比較したところ背屈10°以降で有意($p < 0.01$)に増加することが確認された。(図5, 6)

(2) 立位バランス測定

各背屈角の立位バランスが最も安定した時の内側縦アーチパッド高から基準値を引いた値(増加量)を図7に示した。

背屈0°および10°までは式1による内側縦アーチパッド高の条件(基準値)において重心移動平均速度が最小値を示した。さらに背屈角を順次増加させた条件における内側縦アーチパッド高は、有意($p < 0.01$)に増加することが確認された。(図7, 表1)

背屈角20°以上での立位バランスが最も安定した内側縦アーチパッド高の増加量と基準値を相関分析した結果、背屈角20°では $r = -0.55$, 背屈角

表 1. 内側縦アーチパッド高の基準値と増加量

基準値 (mm)	被験者数 (n)	内側縦アーチパッド増加量の平均 (mm)		
		背屈 10°	背屈 20°	背屈 30°
15	2	0.5	3.5	4.0
16	8	0.6	2.9	3.4
17	8	0.4	2.4	3.1
18	4	0.3	1.3	1.3
19	2	0.5	2.0	2.5

表 2. 内側縦アーチパッド高の基準値とパッド高の増加量との相関 (r)

MTP 関節背屈角	最適な内側縦アーチパッド高の増加量 (回帰式)	相関係数 (r)
20°	$y = -0.51 \times \text{内側縦アーチパッド高の基準値} + 11.80$	- 0.55
30°	$y = -0.63 \times \text{内側縦アーチパッド高の基準値} + 13.53$	- 0.61

30° では $r = -0.61$ の負の相関が認められた。(表 2)

められたのは、基準値が低いほど柔軟性の高い足であったためと考えられた。

考 察

足部寸法測定の結果より、舟状骨高と外観上のアーチ最高点は、背屈 0° および 10° において変化がみられず、背屈 10° 以降で有意 ($p < 0.01$) に増加することが確認された。WA は、足趾の基節骨と踵骨に付着する足底腱膜が足趾背屈によって緊張し、踵骨の後傾と中足骨の起立角増加を引き起こすことから内側縦アーチが挙上し足部形状を変化させる³⁾。これらのことから、背屈 10° を超えると足底腱膜が緊張し WA を起こしたと考えられた。

重心移動平均速度は、背屈 0° および 10° まで式 1 を用いた内側縦アーチパッド高で最小値を示したのは、WA の影響がなく足部形状が変化しないためと考えられた。背屈 10° を超えた後の足部形状の変化は、WA の機構により内側縦アーチが挙上するため、これに応じた最適な内側縦アーチパッド高が増加したと考えられた。

平面での基準値が低いほど背屈 20°, 30° でのパッド高の増加量が大きくなった。(表 1) つまり最適な内側縦アーチパッド高の増加量に負の相関が認

結 論

MTP 関節背屈 10° は約 3cm のヒール靴使用時に相当するため、「半荷重時の舟状骨高 $\times 0.88$ 」を用いたパッド高はヒール高 0~3cm まで適応できる。なお、背屈 10° (ヒール高 3cm) を超える場合の関係式は今後、被験者数を増やし再度検討を行う予定である。

文 献

- 1) 赤石恒一他. 内側縦アーチパッドの骨格矯正力の有無を探る一相似形状による高さ変化に注目して一. 日本整形靴技術学会 2010;7:27.
- 2) 阿部 薫他. シューフィッター (パッチェラー) 養成講座テキスト. 足と靴と健康協議会 2006:2-18.
- 3) Fuller EA. The windlass mechanism of the foot. Journal of American Podiatric Medical Association 2000;90-1:35-46.
- 4) 大塚 斌他. 靴ヒール挙上に伴う足の計測値の変化. 日本家政学会 1994;45-9:845-56.
- 5) 岡田宣子. 足の踵の高さが中年女性の立位保持姿勢に及ぼす影響. 人間工学 2004;40-3:155-62.
- 6) 木村公喜他. アーチパッド付きインソール使用の有無が重心動揺に及ぼす影響. 健康科学 2009;31:93-7.

ソックス形状及びインソール表面摩擦がシューズ歩行に及ぼす影響

Influences of socks shape and insole surface friction on walking with shoes

¹⁾東京工業大学大学院 社会理工学研究科

²⁾信州大学 繊維学部

¹⁾Decision Science and Technology, Graduate School of Tokyo Institute of Technology

²⁾Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

中務 雄太¹⁾, 細谷 聡²⁾

Yuta Nakatsukasa¹⁾, Satoshi Hosoya²⁾

Key words : ソックス (socks), インソール (insole), 歩行解析 (gait analysis)

要 旨

本研究は、ソックス形状及びインソール表面摩擦の違いがシューズ歩行へ及ぼす影響を調べることを目的とした。被験者はシューズサイズ 26.5cm が適正とされる男子大学生 10 名とした。実験は、ノーマル、左右専用、5 本指の形状の異なる 3 種類のソックスを履いた状態と裸足状態で、シューズ無し歩行及び摩擦係数の異なる 3 種類のインソールでのシューズ歩行をそれぞれ実施し(計 16 条件)、床反力と筋電図を計測した。その結果、今回用いたインソールの摩擦係数の範囲では計測結果に差異はなかった。一方でソックス形状の違いにより、腓腹筋外側頭の活動量に有意差が認められた。特に、5 本指ソックス着用時には、効果的に筋活動が抑えられる可能性が示唆された。

緒 言

日常生活やスポーツにおいてシューズを着用する際、ソックスは欠かすことのできないアイテムである。しかし、ソックスとシューズは各々の機能性や快適性に関する研究^{1) 2)}は多く行われているが、シューズを履いた状態において、ソックスが歩行や跳躍等の運動面へ及ぼす効果についての研究はほとんど行われていない。影響を及ぼす要素としてソックスの形状、厚み、素材等の違いが考えられるが、今回はつま先形状に着目した。シューズ着用時でもソックス形状の違いによる効果を定量化できれば、将来的に用途・目的に応じたソックス選択にもつながると考えられる。

一方、ソックスとシューズの間はインソール(中敷き)が仲介し、疲労軽減や安定性向上、バランス改善等の効果を有する製品が多く研究、開発されている。しかし、革靴等のインソールで表面が滑りやすく歩行中にシューズ内でズレが生じること、インソールとソックスとの摩擦で歩行中にソックスが脱げてくることなどがあり、ソックスと直接触れるインソール表面が歩行動作に影響を及ぼすことが考えられる。従って、歩行ではインソー

(2011/10/28 受付)

連絡先 : 中務 雄太 〒152-8550 東京都目黒区大岡山
2-12-1 西 9 号館 6 階 606 号室 東京工業大学
大学院 社会理工学研究科
TEL 03-5734-2373 FAX 03-5734-2373
E-mail nakatsukasa.y.aa@m.titech.ac.jp

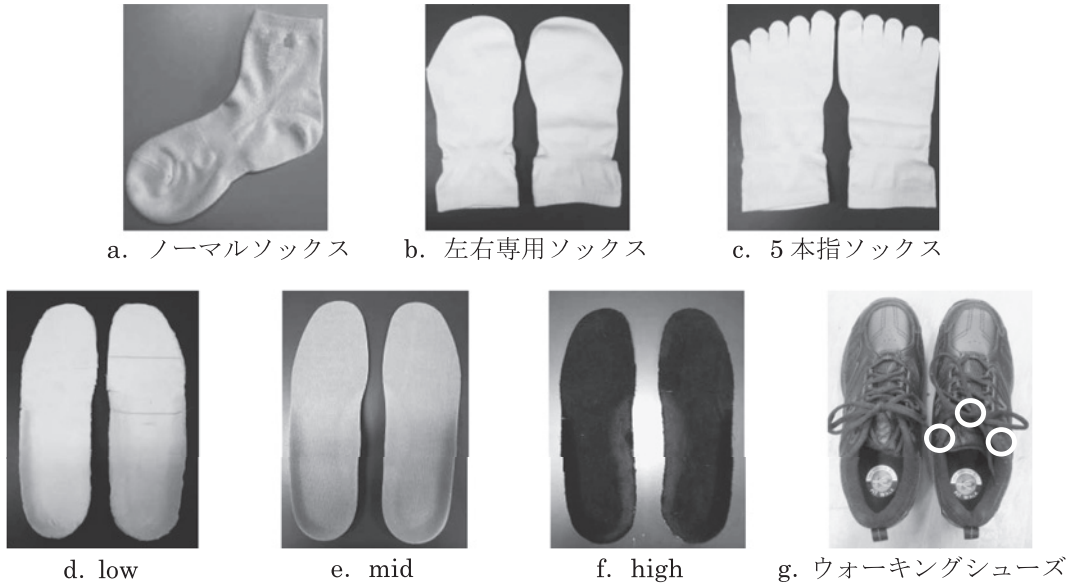


図1. 実験試料

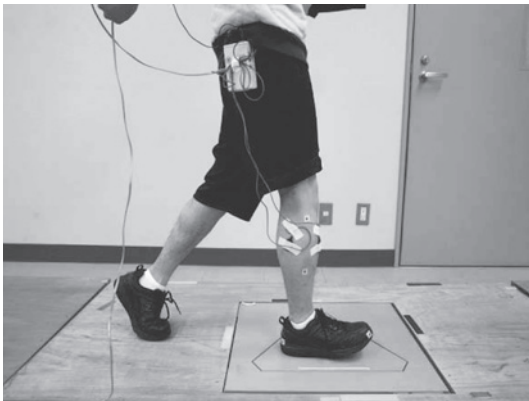


図2. 実験風景

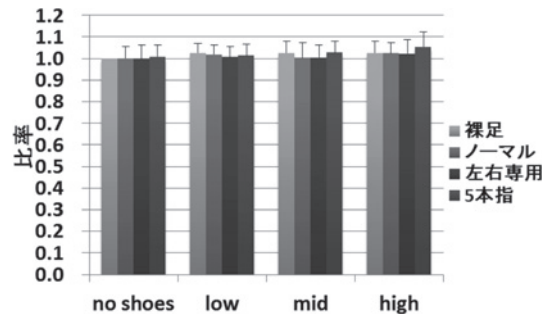


図3. 床反力第1ピーク

ル表面も無視することのできない重要な要素である。

そこで本研究では、異なるソックス形状、インソール表面摩擦係数がシューズ歩行へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

対 象

被験者はシューズサイズ 26.5cm が適正で脚に受傷歴のない男子大学生 10 名(年齢 21.7 ± 0.6 歳, 身

長 170.3 ± 2.9 cm, 体重 60.3 ± 5.9 kg) とした。実験に先立ち、実験中に想定される危険や安全への配慮、個人情報の管理などに関して説明し同意を得た。

方 法

実験試料として、ソックスは N 社製ノーマルソックス(図 1a), T 社製右足・左足専用ソックス(図 1b), 5 本指ソックス(図 1c)の計 3 種類を用いた。これら全て 25-27cm サイズで、素材、厚みはほぼ同様である。シューズは N 社製ウィズ EE 26.5cm

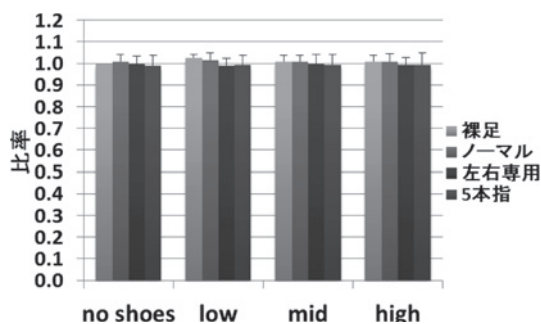


図4. 床反力第2ピーク

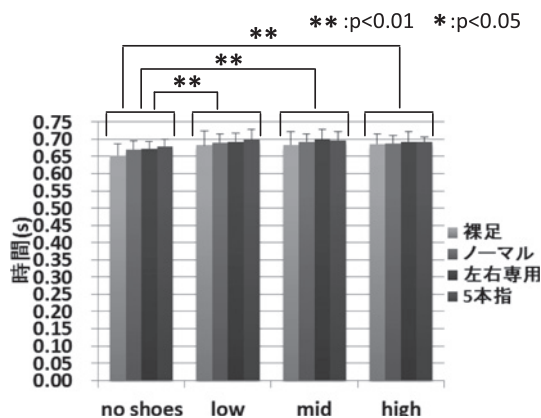


図5. 接地時間 (立脚期)

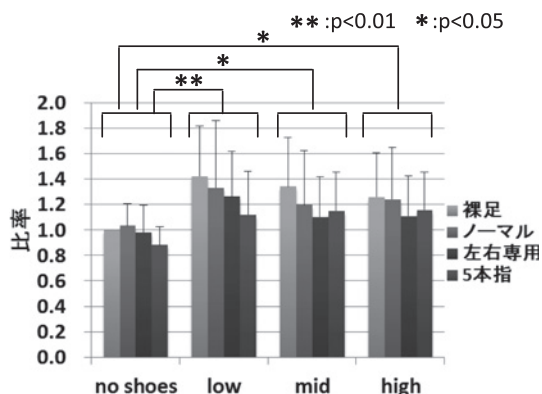


図6. 前脛骨筋活動量

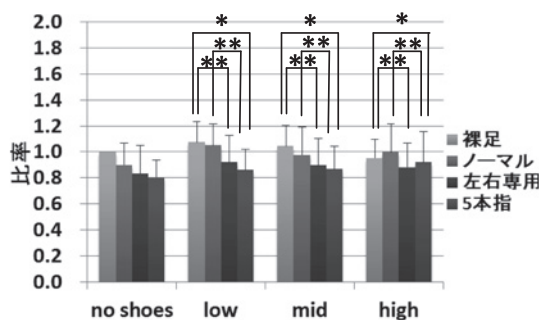


図7. 腓腹筋外側頭活動量

のウォーキングシューズ(図1g)を用いた。また、紐の締め方を統一するために、図1g上に丸で示した3箇所において、装着圧を $35 \pm 5 \text{ gf/cm}^2$ とした³⁾。インソールは、D社製インソールを用い、表面を張り替えて最大静止摩擦係数の異なるもの3種を自作し、値の小さいものから low (0.23), mid (0.28), high (0.34) とした。(図1d, e, f)

実験は、ソックスに関して、ノーマル、左右専用、5本指の3種類に裸足状態を加えた4条件、インソールに関して、low, mid, highの3種類にシューズ無し状態を加えた4条件とし、それらを全て組み合わせた計16条件について各試技5回ずつの歩行計測を行った。着地時の床反力は実験用歩行路(10m)の中央部に床反力計(3点支持型フォースプレート(株式会社ディケイエイチ))を設置して計測した。(図2)また、歩行時の筋電図計測のた

めに、右下腿の前脛骨筋・腓腹筋外側頭を被験筋とし、表面筋電図電極(DELSYS社製DE-2.1)を皮膚表面に貼付した。この筋電図計測のサンプリング周波数は1000Hzとした。

床反力および筋電図データは、裸足歩行を基準に標準化して比率で表した。なお、各計測に対しては2要因分散分析を行った。

結 果

踵着地時の床反力第1ピークを図3に、蹴り出し時の第2ピークを図4に、接地時間を図5に示す。床反力に関しては、踵着地時、蹴り出し時ともに条件間で有意差は認められなかった。接地時間はシューズを着用することで6~8%の増加があり、有意差が認められた($p < 0.01$)。

図6で前脛骨筋の活動量を、図7で腓腹筋外側

頭の活動量を示す。前脛骨筋の活動量はシューズを着用することで有意 (low: $p < 0.01$, mid: $p < 0.05$, high: $p < 0.05$) に増加した。腓腹筋外側頭は5本指ソックスではノーマルソックスに比べて活動量が有意 ($p < 0.05$) に減少した。

インソール表面摩擦係数の違いによる影響では、条件間に有意差は認められなかった。

考 察

床反力第1ピーク、第2ピーク、接地時間において、条件間に有意差がなかったことから、ソックス形状の違い、インソール表面摩擦係数の違いはこれらの計測量に影響を及ぼさないと考えられる。シューズの着用で接地時間が増加したが、これは足とシューズで足長が異なることが影響していると考えられる。

ソックス形状の違いでは、腓腹筋外側頭の活動量に有意差が認められた。特に5本指ソックスで効果的に筋活動を抑えることができることを確認できたが、5本指ソックスは足やシューズとの密着度が高く、シューズ内での足とソックス、シューズとソックスのズレ (ロス) が小さくなり、筋活動が抑えられている可能性が示唆された。

今回の条件において、インソール表面摩擦係数の違いによる影響に有意差は認められなかった。しかし、経験的にはインソール表面摩擦は歩行に影響を及ぼすと考えられることから、今回よりも表面摩擦係数の設定範囲を広げ、計測を行なうこ

とが今後の課題である。

結 語

本研究ではソックス形状の違い、インソール表面摩擦の違いがシューズ歩行へ及ぼす影響について検討した。5本指ソックスに関しては、ノーマルソックスと比較してシューズ歩行において腓腹筋外側頭の活動量が有意に減少したことから、疲労軽減効果が期待できることが示された。従って、用途・目的に応じて (一般的にソックスを履く必要のあるスポーツにおいて、例えば、トレッキング等の長時間歩行時には下腿の筋活動量を比較的抑制できる5本指ソックスを、エクササイズには下腿の筋活動量が比較的大きいノーマルソックスを着用するというように)、つま先形状の異なるソックスを使い分けることが有効である可能性が示唆された。

文 献

- 1) 西脇剛史. フィット性向上を目指したスポーツシューズ設計. 繊維学会誌 2008; 64 (6): 178-83.
- 2) 野阪美貴子他. 筋電位測定による筋疲労軽減タイプ弾力靴下の衣服圧設計. Journal of Textile Engineering 2006; 52 (5): 205-10.
- 3) 林 亮誠他. 靴のサイズと歩行動作の関係に関する研究. 靴の医学 2009; 23 (2): 19-24.
- 4) 中村隆一他. 基礎運動学. 第5版. 医歯薬出版; 2000. 234-5.
- 5) 木塚朝博他. 表面筋電図. 東京電機大学出版局; 2006. 2-4, 59-64.

足底挿板が歩行時の足アーチ高にあたえる 影響についての運動学的検討

A biomechanical study of the influence of an arch support to the amount of foot arch during gait

¹⁾慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

²⁾至誠会第2病院整形外科

³⁾星野整形外科クリニック

⁴⁾永寿病院整形外科

⁵⁾慶應義塾大学整形外科

⁶⁾立川共済病院整形外科

¹⁾Sports Medicine Research Center, Keio University

²⁾Department of Orthopaedic Surgery, Shiseikai-daini Hospital

³⁾Department of Orthopaedic Surgery, Hoshino-seikeigeka Clinic

⁴⁾Department of Orthopaedic Surgery, Eiju Hospital

⁵⁾Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Keio University

⁶⁾Department of Orthopaedic Surgery, Tachikawa-kyousai Hospital

橋本 健史¹⁾, 井口 傑²⁾, 宇佐見則夫²⁾, 星野 達³⁾,
平石 英一⁴⁾, 須田 康文⁵⁾, 小久保哲郎⁶⁾, 池澤 裕子²⁾

Takeshi Hashimoto¹⁾, Suguru Inokuchi²⁾, Norio Usami²⁾, Tohru Hoshino³⁾,
Eiichi Hiraishi⁴⁾, Yasunori Suda⁵⁾, Tetsuro Kokubo⁶⁾, Hiroko Ikezawa²⁾

Key words : 足アーチ (foot arch), バイオメカニクス (biomechanics), 歩行 (gait)

要 旨

本研究の目的は動的歩行解析の手法を用いて、足底挿板が歩行時における足縦アーチ構造の動態に与える効果を検討することである。対象は足に愁訴のない健常成人とした。足部にマーカーを貼

り付け、裸足とアーチサポートをもった足底挿板装着時とで歩行させた。この3次元座標から、足縦アーチの高さを計算した。足縦アーチの高さは、裸足の場合、踵接地直後に一時的に急に低下し、踵離地後に急に上昇した。足底挿板を装着すると、踵接地直後の足アーチの低下が緩和され、踵離地後の足アーチ上昇も緩和された。歩行相全体での足アーチ高の変化率は足底挿板装着時のほうが小さかった。

(2011 年 10/28 受付)

連絡先 : 橋本 健史 〒223-8521 神奈川県横浜市日吉4-1-1 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
TEL 0558-85-1701 FAX 0558-85-1810
E-mail hashimotot@a6.keio.jp

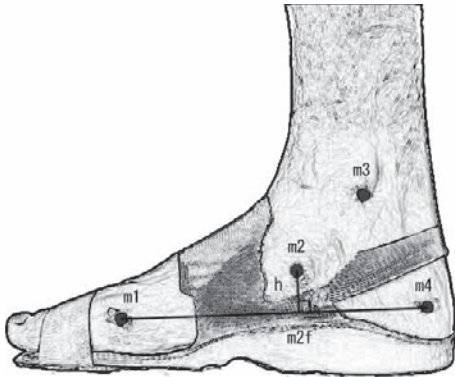


図1. 足部に添付した赤外線反射マーカを示した。
m1: 中足趾節間関節内側. m2: 舟状骨部. m3: 脛骨内果部. m4: 踵骨内側部. m2f: m2 から線分 m1-m4 におろした垂線の足. h: 線分 m2-m2f を足アーチ高とした。

a) 緒 言

足底挿板治療は運動器の疾患に対する治療として、投薬治療、理学療法、運動処方とならんで最も重要な治療方法のひとつである。その作用機序については、足関節の角度変化やアラインメントに関しては、歩行時に足関節の過回内を抑制するという報告や¹⁾²⁾、足関節最大背屈角度を増大して最大底屈角度を減少させるという報告がある³⁾。しかし、足アーチに関しては、Cadaver study において足底挿板は足アーチ構造を改善するという報告があるが⁴⁾、歩行時に足アーチの変化を調べた報告は少ない。

本研究の目的は動的歩行解析の手法を用いて、足底挿板のアーチサポートが歩行時における足縦アーチ構造の動態に与える効果を検討することである。

b) 対象と方法

対象は足に愁訴のない男性4名(29-43歳、平均33.8歳)の健康ボランティアとした。対象者の足部には扁平足、凹足等のあきらかな変形はなかった。足の大きさは4例とも26.5cmであった。

裸足の第1中足骨頭部内側、舟状骨結節、足関節内果、踵骨内側部に赤外線反射マーカを貼り



図2. 実験系全体. 4台のCCDカメラで歩行時における、足部に貼付したマーカ-の3次元座標を計測した。

付け歩行させた。(図1) 歩行路は10mであり、スタート地点から4mから6mの間に1歩行周期の計測を行った。歩行速度は1歩行周期が約1秒となるように指導し、5回歩行させた。

マーカ-の反射光をCCDカメラで取り込み、エリート3次元動態解析装置(BTS, Milan, Italy)を使用してマーカ-の3次元座標を100Hzで計測した。この3次元座標から歩行時の足アーチ高を計算した。(図2) 1歩行周期において、踵接地を0%、次の踵接地を100%として、それぞれの瞬間(1/100秒)において、全例の平均および標準偏差を計算した。4例において、踵接地、趾接地、踵離地、趾離地の割合はほぼ同一であった。

使用した足底挿板は足底全長にわたり、内側アーチサポートを10mmとし、足関節前後にストラップをつけて足部に固定できるものとした。(図3)

結果の検定には、スチューデントのt検定を行い、 $p < 0.05$ を有意とした。

c) 結 果

裸足歩行時においては、踵接地直後において足アーチ高は31.4(30.2から33.6)mmから29.2(27.9から31.6)mmへと急に低下し($p = 0.002$)、立脚期は踵離地時の24.6(22.1から26.1)mmへと徐々に低下を続け($p = 0.0003$)、踵離地後、趾離地の36.2(28.0から37.3)mmにむけて急に上昇に転じ

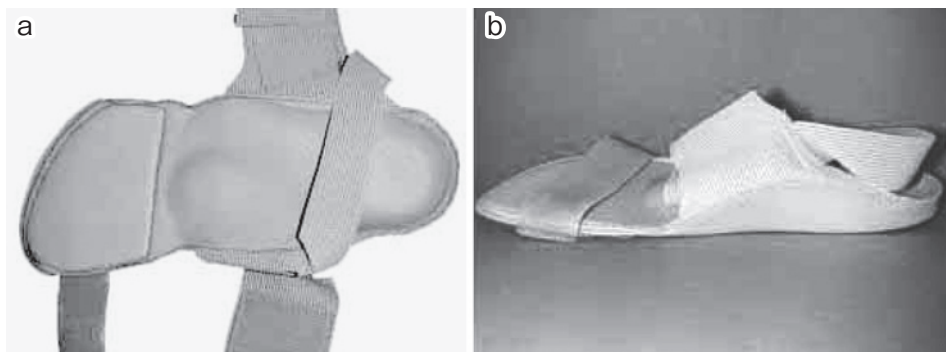


図3. 使用した足底挿板. a: 上からみた図. 足底挿板は足底全体にわたる. ストラップをつけ, 足底挿板装着のまま歩行できるようにした. b: 側面からみた図.

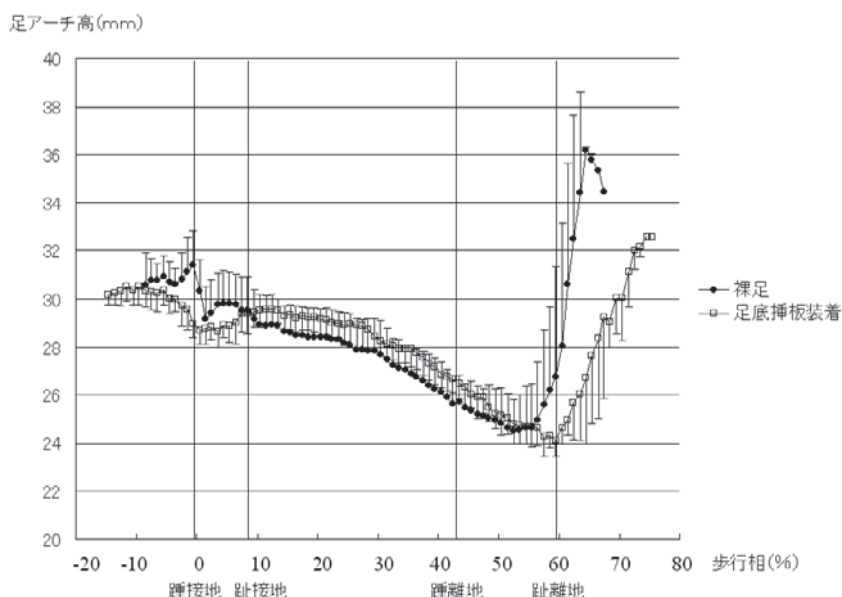


図4. 裸足と足底挿板装着時における歩行時の足アーチ高の変化. 裸足では+1SD (標準偏差) をデータの上方に, 足底挿板では-1SD をデータの下方に表示した.

た ($p=0.025$).

10mm アーチサポート足底挿板装着時には踵接地直後の足アーチ高の急な低下が, 裸足時には2.2 (0.6 から 2.9)mm であったものが1.3 (1.0 から 1.6) mm へと和らげられ($p=0.02$), 踵離地後, 趾離地にむけての足アーチ上昇も裸足時には11.9 (10.4 から 13.4) mm であったものが, 7.6 (6.4 から 8.7) mm へと抑制された (図4) ($p=0.007$). 歩行相全体では, 足アーチ高変化量は裸足歩行時が11.9 (10.4

から 13.4)mm であったのに対して足底挿板装着時が7.6 (6.4 から 8.7) mm と, 足底挿板装着時のほうが小さかった. ($p=0.001$)

d) 考 察

足底挿板治療は運動器の疾患に対する治療として, 投薬治療, 理学療法, 運動処方とならんで最も重要な治療方法のひとつである. その作用機序については, 足関節の角度変化やアラインメント

に関しては、歩行時に足関節の過回内を抑制するという報告や¹⁾²⁾、足関節最大背屈角度を増大して最大底屈角度を減少させるという報告がある³⁾。また、ランニング時の冠状面での足関節の動きを抑制するという報告がある⁵⁾⁶⁾。しかし、足アーチに関しては、Cadaver studyにおいて足底挿板は足アーチ構造を改善するという報告があるが⁴⁾、歩行時に足アーチの変化を調べた報告は少ない。

われわれは、3次元動態解析法を用いて歩行時の足アーチのふるまいに関して、靴装着によって踵接地時の足アーチ高低下が抑制されること⁷⁾、靴装着によって windlass mechanism が抑制されること⁸⁾、それが高齢者では変化が小さくなること⁹⁾¹⁰⁾を報告してきた。本研究では3次元動態解析の手法を用いて、歩行時における足底挿板の足アーチに対する効果を検討した。

裸足歩行時には踵接地直後に足アーチ高は急に低下した。これは踵接地によって足アーチの底辺が引き伸ばされたことによると考えられた。足底挿板装着時には、この急な低下が抑制された。これは足底挿板によって踵部への荷重が分散され、足アーチ底辺の拡大が抑制されたものと考えられた。

また、裸足では、立脚期においては徐々に足アーチ高が減少した。これは、荷重負荷が足部全体に拡がるため truss mechanism が働いたと考えられる¹¹⁾¹²⁾。そして、足アーチ高が踵離地後に上昇したことは、荷重負担の減少により truss mechanism が働いたことと母趾の背屈によって windlass mechanism が働き、足アーチ高が上昇したためと考えられた。足底挿板装着時にはこの踵離地後における足アーチ高の上昇が抑制された。これは、足底挿板が荷重の分散を助けて truss mechanism を助けるように働き、その機能の一部を受け持ったためと考えられた。このことは、足底挿板は歩行時の足アーチの truss mechanism への負担を軽

減する働きがあると推測することができる。

e) 結 語

足底挿板を装着すると、踵接地直後の急な足アーチの低下と踵離地後の急な上昇が緩和された。歩行相全体での足アーチ高の変化率は足底挿板装着時のほうが小さかった。

文 献

- 1) Branthwaite HR, Payton CJ, Chockalingam N. The effect of simple insoles on three-dimensional foot motion during normal walking. Clin Biomech. 2004; 19: 972-7.
- 2) McCulloch MU, Brunt D, Linden DV. The effect of foot orthotics and gait velocity on lower limb kinematics and temporal events of stance. J Orthop Sports Phys Ther. 1993; 17: 2-10.
- 3) Chen Y, Lou S, Huang C, et al. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat feet patients. Clin Biomech. 2010; 25: 265-70.
- 4) Kitaoka HB, Luo Z, Kura H et al. Effect of foot orthoses on 3-dimensional kinematics of flatfoot: a cadaveric study. Arch Phys Med Rehabil 2002; 83: 876-9.
- 5) MacLean C., Davis I.M., Hamill J. Influence of a custom foot orthotic intervention on lower extremity dynamics in healthy runners. Clin. Biomech. 2006; 21: 623-30.
- 6) 橋本健史, 井口 傑, 宇佐見則夫他. 足アーチ構造の機能解明—歩行時における冠状面での動態および加齢変化—. 靴の医学 2009; 23: 51-3.
- 7) 橋本健史, 池澤裕子, 星野 達他. 歩行時における靴の機能についての運動学的検討. 靴の医学 2003; 17: 92-5.
- 8) 橋本健史, 池澤裕子, 谷島 浩他. 歩行時における靴の機能についての運動学的検討—windlass mechanism に対する効果について—. 靴の医学 2004; 18: 76-80.
- 9) 橋本健史, 井口 傑, 宇佐見則夫他. 高齢者の靴についてのバイオメカニクスの検討. 靴の医学 2007; 21: 108-12.
- 10) 橋本健史, 井口 傑, 宇佐見則夫他. 足アーチ構造の機能解明—加齢による変化—. 靴の医学 2008; 22: 56-60.
- 11) 橋本健史. 足アーチ構造の機能. 慶應医学 2004; 81: 17-21.
- 12) Elftman, H. The transverse tarsal joint and its control. Clin. Orthop. 1960; 16: 41-6.

A biomechanical study of the influence of an arch support to the amount of foot arch during gait

Takeshi Hashimoto¹⁾, Suguru Inokuchi²⁾, Norio Usami²⁾, Tohru Hoshino³⁾, Eiichi Hiraishi⁴⁾,
Yasunori Suda⁵⁾, Tetsuro Kokubo⁶⁾, Hiroko Ikezawa²⁾

¹⁾Sports Medicine Research Center, Keio University

²⁾Department of Orthopaedic Surgery, Shiseikai-daini Hospital

³⁾Department of Orthopaedic Surgery, Hoshino-seikeigeka Clinic

⁴⁾Department of Orthopaedic Surgery, Eiju Hospital

⁵⁾Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Keio University

⁶⁾Department of Orthopaedic Surgery, Tachikawa-kyousai Hospital

A purpose of this study was to determine the effect of the foot arch to the kinematics of the longitudinal foot arch during gait by use of a motion capture system. Four normal young adult volunteers without foot disorders were assessed. Reflective markers were placed on the foot and ankle. The volunteers were then asked to walk on a 10 m walkway by the motion capture system. The measurement was repeated with barefoot and with insole that had arch support. Height of foot arch decreased just after heel contact and increased after heel off with barefoot walking. The magnitude of the change was little with insole walking compared with barefoot walking.

フットウェアの介入によるウォーキング教室

Y 町における転倒予防事業

An interventional study wearing walking shoe and custom-made insole for preventing fall—Walking program at Y town

¹⁾京都府立医科大学大学院保健看護研究科

²⁾有限会社フットクリエイト

¹⁾Graduate School of Nursing for Health Care Science, Kyoto Prefectural University of Medicine

²⁾Footcreate Co Ltd.

櫻井 寿美¹⁾, 櫻井 一男²⁾

Toshimi Sakurai¹⁾, Kazuo Sakurai²⁾

Key words : 履物 (footwear), 転倒 (fall prevention), ウォーキング (walking)

要 旨

高齢者の介護予防における取り組みとして、各自治体では体操教室を中心とした運動教室を実施している。ウォーキング教室もその一つであるが、高齢者を対象とする際は下肢関節への負担を軽減させる工夫が必要である。しかし、実施されている教室では、フットウェアの選択は個人に委ねられているケースが多い。本研究では産学官による共同事業「足からつくる健康教室」を実施し、京都府 Y 町における 60 歳以上の住民 33 名を対象に、6 ヶ月間の運動およびフットウェア介入を行った。介入群 (15 名) へは足に適合したウォーキングシューズおよびカスタムメイドインソールを提供し、下肢関節への負担軽減を図りながら、介入群および対照群 (18 名) とともにウォーキングを中心とした

健康教室を実施した。事業開始前と終了後に実施した体力測定では、介入群で足部底屈筋力、背屈筋力がともに上昇し、また歩数の平均値も対象群に比べ伸びるなどの結果を示した。足と靴に着目し、実施したこれらの取り組みについて報告する。

緒 言

高齢者の介護予防は健康寿命の延伸のための重要な課題である。要介護となる原因の 10.2% が転倒骨折、10.9% が関節疾患であり¹⁾、各自治体では転倒予防への取組として運動教室やウォーキング教室などを実施している。ウォーキングは年齢や性別、体力に応じて行える気軽な運動であるが、高齢者では下肢に問題を抱える者も多く、それらの負担を軽減させる工夫が必要となる。しかしながら、現在実施されている教室では、フットウェアの選択は個人に委ねられていることが多く、ウォーキングには不適切な履物を着用しているケースもある。

本研究では産学官による共同事業「足からつくる健康教室」を実施し、個々に適合したフットウ

(2011/10/26 受付)

連絡先 : 櫻井 寿美 〒602-0857 京都府京都市上京区
清和院口寺町東入中御霊町 410 京都府立医科大学
大学院保健看護研究科岡山寧子研究室
TEL 075-212-5442 FAX 075-212-5442
E-mail toshimi@footcreate.com

エアの着用や足や靴への意識を高めるための教室などを通じ、ウォーキングを主体とし、ウォーキングの習慣を定着させるための取組を行ったので報告する。

対象と方法

京都府 Y 町保健課が募集し、本研究への参加同意を得られた健康な 60 歳以上の住民 33 名（男性 6 名，女性 27 名）を無作為に介入群 15 名（以下 A 群），対照群 18 名（以下 B 群）の 2 群に分け，2009 年 7 月から 12 月の 6 ヶ月間，運動およびフットウェア介入を実施した。体力測定項目は，握力，

10m 歩行時間，Functional Reach Test（以下 FRT），足部底屈筋力，足部背屈筋力（足関節角度を中間位に固定し等尺性最大筋力を測定），足部測定項目は足長，足幅，足関節可動，フットプリントであり，運動教室開始時（2009 年 7 月）と終了時（2009 年 12 月）との計測値を比較した。運動介入は両群ともに月 2 回の運動実践教室への参加および歩数計（ウォーキングスタイル HJ-113，オムロンヘルスケア社製）を腰部に装着し，一日の歩数の記録を行った。さらに，A 群ではフットウェア介入として，ウォーキングシューズおよびカスタムメイドインソールを装着し，日常生活やウォーキング時にそれらを用いて歩行を行った。ウォーキングシューズは Y 社製の市販されているウォーキングシューズを個人の足部形状に合った木型より選択した。カスタムメイドインソールはフットプリント等の情報に基づき，CAD/CAM システム（ペドキャド社製，ドイツ）により作製した。また，足および靴への理解や関心を高める目的のセミナーや足に特化した教室を実施した。さらに 6 ヶ月間の事業終了時に，質問紙によるアンケート調査を

表 1. 対象者属性

	A 群 (n = 15)	B 群 (n = 18)	合計	
年齢 (y)	70.0 ± 3.4	66.9 ± 4.6	68.3 ± 4.3	*
身長 (cm)	152.0 ± 9.2	153.9 ± 7.5	153.0 ± 8.2	n.s.
体重 (kg)	51.3 ± 7.0	54.6 ± 7.2	53.1 ± 7.2	n.s.
BMI	25.9 ± 7.8	27.5 ± 4.9	26.8 ± 6.3	n.s.

*** P < 0.001 ** P < 0.01 * P < 0.05 n.s. = not significant

表 2. 教室開始前と終了後の体力の変化

					Mean ± SD
					t-test
					6 月
					12 月
					t-test
握力右	(kg)	A 群	24.7 ± 7.6	25.1 ± 6.8	*
		B 群	27.9 ± 5.9	26.6 ± 4.9	n.s.
握力左	(kg)	A 群	23.7 ± 8.8	25.8 ± 9.3	n.s.
		B 群	26.2 ± 5.6	25.7 ± 4.6	n.s.
10M 歩行	(秒)	A 群	5.1 ± 0.9	4.7 ± 0.6	*
		B 群	5.4 ± 0.5	4.7 ± 0.3	***
FRT 前	(cm)	A 群	31.3 ± 5.7	33.6 ± 4.0	n.s.
		B 群	31.7 ± 4.7	30.5 ± 3.6	n.s.
FRT 後	(cm)	A 群	19.9 ± 7.5	23.7 ± 9.6	n.s.
		B 群	24.4 ± 3.3	25.7 ± 7.7	n.s.
FRT 右	(cm)	A 群	30.6 ± 8.5	32.9 ± 5.7	n.s.
		B 群	28.9 ± 4.6	34.8 ± 6.5	*
FRT 左	(cm)	A 群	31.5 ± 8.7	32.5 ± 4.7	n.s.
		B 群	31.2 ± 3.1	34.0 ± 6.8	n.s.
足底屈筋力 (右)	(kg)	A 群	14.0 ± 6.5	18.2 ± 5.0	*
		B 群	11.1 ± 7.3	16.8 ± 4.3	**
足背屈筋力 (右)	(kg)	A 群	13.5 ± 6.1	16.7 ± 5.0	**
		B 群	17.6 ± 2.4	14.7 ± 2.8	**

*** P < 0.001 ** P < 0.01 * P < 0.05 n.s. = not significant

表 3. 歩数平均比較

	Mean $\pm$ SD		
	A 群 (n = 15)	B 群 (n = 18)	t-test
歩数平均/日 (歩)	8385.1 $\pm$ 4644.2	6698.1 $\pm$ 2819.5	n.s.

n.s. = not significant

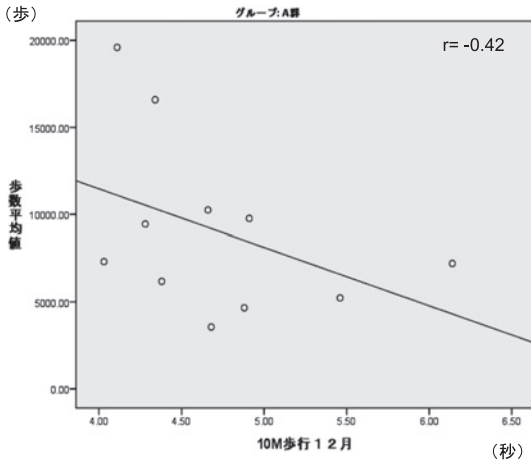


図 1. A 群 平均歩数と 10M 歩行との相関

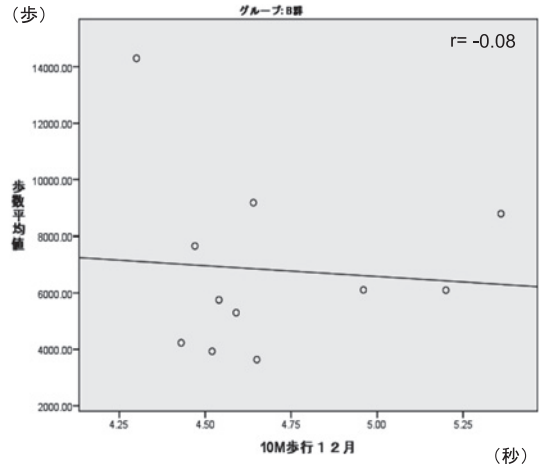


図 2. B 群 歩数平均と 10M 歩行との相関

実施した。質問は足や靴への関心の有無や体・足の変化についてなどの項目であった。統計解析には SPSS Ver.18(エス・ピー・エス・エス株式会社, 東京)を使用し, 介入前後の平均値の差は paired t-test, 2 群間の平均値の差は unpaired t-test を用いて検定し, 2 変数間の関連は Pearson の積率相関を用いた。いずれも有意水準は 5% とした。

結 果

対象者属性(表 1)では年齢項目以外には両群において有意差は見られなかった。両群における介入前後の体力測定値の変化(平均値, 標準偏差)および検定結果では(表 2), 握力は A 群で右が 0.4 kg 上昇し, B 群では左右共にそれぞれ 0.5kg, 1.3 kg 低下した。10m 歩行における歩行速度は A 群で 0.4 秒, B 群で 0.7 秒それぞれ歩行時間の短縮がみられたが, 特に B 群での有意差が大きかった。FRT はいずれの群においても上昇した。足部底屈筋力は A 群で 4.2kg, B 群で 5.7kg 増加し, いずれの群

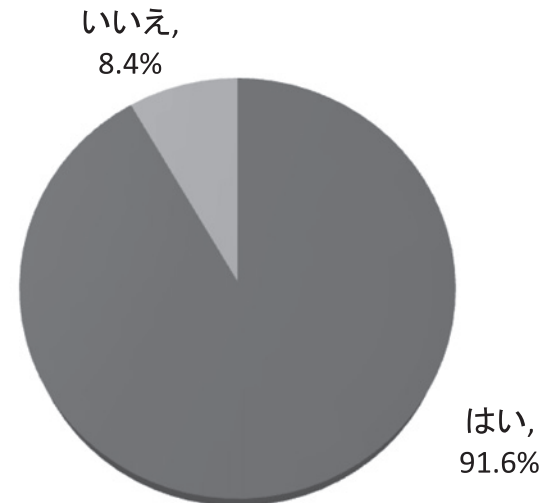


図 3. 足や靴への興味がわきましたか (n = 15)

も有意に上昇し, 背屈筋力は A 群で 3.2kg 増加し, 有意に上昇, B 群では 2.9kg 減少し, 有意に低下した。6 ヶ月間を通じての一日当たり歩数平均値は(表 3), A 群の歩数は 8385.1 歩, B 群の歩数は 6698.1 歩と A 群が 1687.0 歩, 歩数が多い結果となったが, 両群間における有意差は見られなかった。歩数平均値と介入後の 10m 歩行時間との相関では, A 群でゆるやかな負の相関関係 ($r = -0.42$) が認められた。(図 1, 2) 介入前に実施した A 群に対してのアンケートでは, 「足で気になることがあれば

教えてください」という質問項目（自由回答）に対し、「たこやうおのめ」、「外反母趾」、「巻き爪」、「足裏の痛み」、「足の指同士の重なり」、「爪の変形」という回答があり、参加者は足についての様々な悩みを抱えていることがうかがえた。また、介入後に実施した A 群へのアンケート項目、「足や靴への興味がわきましたか」という問いに対し、約 9 割が足や靴への興味がわいたと回答した。（図 3）また、「自分に合った靴やインソールを着用することの重要性がわかった」、「よたよたしていたが、靴などにより安定した」、「靴のサイズや材質など足に合った物を履かないと身体に悪いと思った」など、フットウエア選択に対する意識が向上したことが伺える回答が得られた。

考 察

本研究「足からつくる健康教室」は、Y 町保健課における高齢者の転倒予防への取組として実施した事業であり、目的はウォーキングを主体とした運動習慣の定着を行い、健康寿命や QOL を支える要である足の健康維持への認識を高めることである。本事業ではウォーキングシューズの着用や身体機能評価実施によるウォーキング継続への動機づけや、カスタムメイドインソールの使用による下肢関節への負担軽減を考えた取組を実施したが、自治体が主体となり、足やフットウエアに着目した転倒予防事業はこれまであまり報告されていない。ウォーキングは日本人の高齢者が最も実施している身体運動である²⁾。特別な道具や器具が要らず、性や年齢、体力にかかわらず気軽に実施できることがその要因であると考えられる。一方、高齢者の約 30% が足に問題を抱えている^{3) 4)}という報告や、足に問題があると転倒リスクが増加するという報告もあり^{5)~7)}、高齢者では慎重に取り組む必要がある。足への負担を軽減させながら、ウォーキングを継続し、身体能力を向上させるためには、フットウエアの選択やカスタムメイドインソールの使用が効果的であるという報告もあり⁸⁾、専門家による多面的なサポートが必要である。本研究の

参加者においても、足に不安を抱えている者がいたが、期間中、足、ウォーキングシューズ、カスタムメイドインソールのチェックを継続的に実施したこともあり、足部の関節痛などの問題により脱落したものはいなかった。

事業前後の身体能力測定値では、全身の筋力を表す握力は、A 群で向上、B 群では低下を示していた。握力は全身の筋力だけでなく、全身の体力指標である最大酸素摂取量との関連性も認められており⁹⁾、ウォーキングにおける歩数の差が影響を及ぼしていた可能性が考えられる。10m 歩行テストでは両群ともに歩行時間の短縮が認められ、また歩行機能やバランス能力に関わる要因である足部底屈筋力や FRT においても向上が認められた。これらより転倒予防における要因の一つである歩行能力の向上が示唆された。足部底屈筋力では B 群での向上が大きかったが、A 群の平均年齢が B 群に比べて有意に高かったことが、この結果に関連している可能性が考えられる。しかし、これ以外の可能性についての検討も必要であり、今後対象者を広げ検討を加えたい。また有意差は見られなかったものの、平均歩数は A 群 8385.1 ± 4644.2 歩、B 群 6698.1 ± 2819.5 歩で 1687.0 歩の差が見られた。ウォーキングを継続させるための動機づけとして、歩数計を用いることの有効性が報告されている¹⁰⁾。本研究におけるアンケートでも、A 群で「歩くのが楽しくなった」という回答が見られたことから、ウォーキングシューズなどのフットウエアの着用がウォーキング継続のための動機づけとなり、歩数が伸びた可能性があったと考えられる。

歩数平均と 10m 歩行との関係では、A 群にゆるやかな負の相関関係が認められたが、この結果にウォーキングシューズやカスタムメイドインソールの着用が影響を与えているかどうかについては、今後 5 カ年にわたる本事業における結果をふまえ、慎重に考察を進めたい。

結 語

自治体で実施されている転倒予防事業の中で、

ウォーキングは容易に取り組むことのできる効果的な運動であるが、高齢者においては下肢への負担を軽減させ、無理なく長く続けることが重要である。そのための具体的な方法として、個々に適したフットウェアを着用することにより、下肢への負担を軽減させながら、ウォーキングを継続し、定着させる可能性が示された。また、高齢者の転倒予防の取組の一環として、フットウェア選択などにおける履物教育の重要性が示された。

文 献

- 1) 国民生活基礎調査平成 22 年：厚生労働省.
- 2) 社会生活基本調査平成 18 年：総務省.
- 3) Benvenuti F, Ferrucci L, Guralnik JM, et al. Foot pain and disability in older persons: an epidemiologic survey. *J Am Geriatr Soc* 1995; 43: 479-84.
- 4) Gorter KJ, Kuyvenhoven MM, deMelker RA. Nontraumatic foot complaints in older people. A population-based survey of risk factors, mobility, and well-being. *J am podiatr Med Assoc* 2000; 90: 397-402.
- 5) Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New Eng J Med*. 1988; 319: 1701-7.
- 6) Koski K, Luukinen H, Laippala P, et al. Physiological factors and medications as predictors of injurious falls by elderly people: a prospective population-based study. *Age Aging*. 1996; 25: 29-38.
- 7) Leveille S, Bean J, Bandeen-Roche K, et al. Musculoskeletal pain and risk of falls in older disabled women living in the community. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50:671-8.
- 8) 楠本彩乃. 高齢女性の下肢痛や歩行不安の改善に向けた無作為割付比較介入研究—シューフィッティング指導と足底挿板の効果. 靴の医学 2006; 20: 18-21.
- 9) 里宇明元, 道免和久, 間川博之他. 体力の一指標としての握力測定の意義: $VO_2\max$ との関係. リハ医学 1993; 30: 816-7.
- 10) 波多野義郎. 健康のためのウォーキング. 臨床スポーツ医学 1992; 9 (2): 129-35.

適切な靴使用が高齢者の身体および日常生活に与える効果

The effect on the body and daily life of the elderly people when using appropriate footwear

新潟医療福祉大学 運動機能プロジェクト研究センター

Movement & Neuromuscular Research Center, Niigata University of Health and Welfare

阿部 薫, 江原 義弘, 笹本 嘉朝,
石黒 圭応, 田中 悠也, 小松 聡子

Kaoru Abe, Yoshihiro Ehara, Yoshitomo Sasamoto,
Keio Ishiguro, Yuya Tanaka, Satoko Komatsu

Key words : 日常生活 (daily life), 高齢者 (elderly people), 靴 (footwear)

要 旨

老人保健施設に入所する高齢者が常用する履物はスリッパか大きめの靴であり, その日常生活の活動度を低下させていると考えられる. このため適切な靴を使用する以外の生活条件は変えずに, 調査開始時の初期評価と, 最終評価の結果から, 適切な靴の使用が身体および日常生活に与える変化を検討した.

調査対象施設を介護老人保健施設 1 ヶ所に限定し, 対象者はここに入所している後期高齢者 12 名である. 対象の選出基準は生活状態が完全に自立している方や自立歩行が完全に可能な方を除き, 移動に何らかの介助や見守りが必要な方を対象とした. 調査期間は 6 ヶ月間とした.

靴の不適合は 12 名中 9 名で, 適切な靴の使用の結果, 特に浮腫の改善が顕著となり, 移動時間が

速く改善し, 認知症に関しては現状維持か改善傾向となり, 介護量は減少することが認められた.

緒 言

我々のこれまでの研究¹⁾から, 老人保健施設に入所している高齢者は, 常用する靴の適合が不良のため, 生活自立度が低下していることが推測された.

このため, 現用の履物調査と足型計測を行い, さらに施設内生活において重要と思われる生活自立度や介護度等を測定し, その結果を受けて適切な靴を使用させた. このとき, 使用する靴以外の生活条件は変えずに, 調査開始時の初期評価と最終評価の結果から, 適正な靴の使用が高齢者の身体および生活にどのような変化を与えるのかについて検討した.

対象と方法

調査対象施設を 1 ヶ所に限定し, ここに入所している後期高齢者 12 名 (85.1 ± 7.4 歳) を対象とした. 選出基準は生活状態が完全に自立している方や, 自立歩行が完全に可能な方を除き, 移動に何

(2011/11/08 受付)

連絡先: 阿部 薫 〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398 番地 新潟医療福祉大学運動機能プロジェクト研究センター
TEL・FAX 025-257-4525
E-mail kao-abe@nuhw.ac.jp

表 1. 下肢の周径変化

	H22/10 月	H23/3 月	有意差
足幅	8.8	8.8	なし
足囲	22.5	22.3	$P < 0.05$
ウェストガース	22.5	22.2	$P < 0.01$
インステップガース	23.2	23.0	$P < 0.01$
足首	21.3	20.2	$P < 0.01$
ふくらはぎ	30.5	30.2	なし

(cm)



図 1. 車いす自走 (足こぎ)

らかの介助や見守りが必要な方とした。なお認知症が1名、片麻痺が4名含まれていた。

調査期間は平成22年9月～23年3月、調査頻度は月一回とし、調査項目は足型計測・靴適否の判断から靴の交換・認知症・移動時間・FIM・介護量とした。なお適切な靴の使用は6ヶ月間とした。

統計分析は、ウィルコクソンの順位和検定(Wilcoxon t-test)を用いた。

本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可(第17223号)を得て行われた。

結 果

調査開始時(平成22年9月)に対象者の足型計測を行い、現用の履物との適合をチェックした。その結果、靴サイズが2cm大きい靴を使用していたのは6名、1cm大きいのは3名、適切であったのは3名であった。靴サイズが大きい9名について

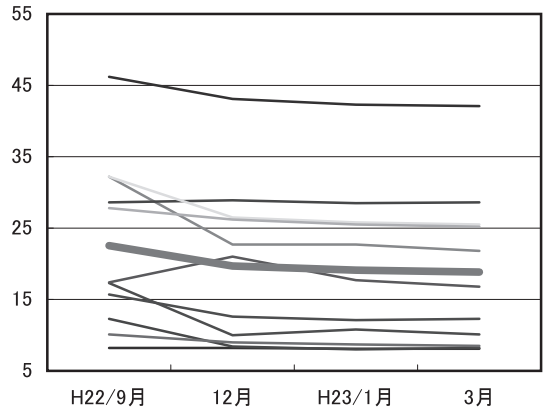


図 2. 5m 移動時間の推移 (秒)

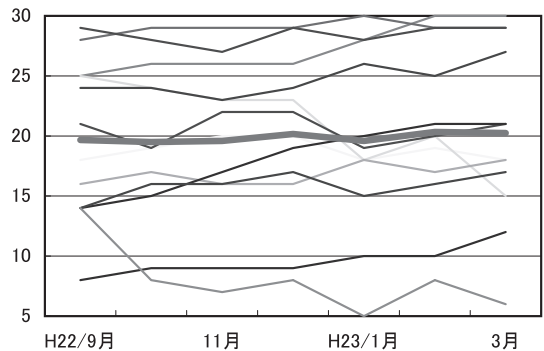


図 3. 長谷川式簡易知能評価スケール (HDS-R) の月別推移 (点数)

では、1ヵ月後に適切なサイズの靴(室内用ケアシューズ)へ交換し、スリッパを使用しないように指導した。

生活の自立度の評価としてFIM(機能的自立度指標)を用いて調査したが、各月とも変化は認められなかった。

適合した靴を常用することにより、下肢の浮腫が改善された(表1)。計測は毎月第4週目とし、午後4～5時(夕食前)に計測した。適切な靴の使用を開始して1ヶ月後の平成22年10月と、最終評価の平成23年3月との比較において、足囲($p < 0.05$)・ウェストガース($p < 0.01$)・インステップガース($p < 0.01$)・足首の周径($p < 0.01$)が縮小し、統計的有意差が認められた。

移動の方法(補装具の使用)は、車いす自走(足



図4. 居室での靴の着脱

こぎ) 9名(図1), 歩行器使用1名, 老人車使用1名, T字杖使用1名であった。

日常生活の中における実際の移動時間を計測するため, あえてスタートラインなどを設けて計測場面を設定するのではなく, 施設の介護員が対象者に知られないようにし, ストップウォッチで5mの移動時間を平成22年9月から12月, 平成23年1月・3月に計測した。図2の中央の太線は平均値の月別推移で, 22.5秒→19.7秒→19.1秒→18.8秒と移動時間は確実に速くなっており, 統計的有意差($p<0.01$)が認められた。

認知度を検討するために, 長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)を用いた。調査開始時の平成22年9月から, 最終評価の平成23年3月まで毎月評価を行った(図3)。図3の中央の太線は平均値の月別推移で, 点数は減少傾向にあったが, 統計的有意差は認められなかった。なお内訳は, スコア増加が7名, 不変が3名, 減少が2名であった。

介護保険で使用される介護レベルによる分類では, 要介護1が1名, 2が6名, 3が1名, 4が4名となっていたが, 調査期間中の変化は認められなかった。

介護担当職員のコメントによれば, 数値には出て来ないが, 介護量は確実に減少してきており, 特にトイレまでの移動時間が短縮したことにより

失禁回数が減少, 立位が安定, 移乗が円滑に行われるようになったことが観察されたとの報告があった。

考 察

施設内で生活する対象者は居室を中心として活動し, 靴は自分のベッドの下, またはすぐそばに保管していた(図4)。対象者12名中9名が大きめの靴を使用していた。通所介護施設利用中の在宅生活を営む後期高齢者の4分の3が自分で履物を選択していた²⁾との報告に比較して, 本研究の対象者は施設入所者であるため, 家族が靴を購入していた。その際に「大は小を兼ねる」という理由で靴サイズを選択していた。さらに本人がスリッパ感覚で大きめの靴を履きたい, 脱ぎ履きが楽といった理由によるものであった。また施設職員であっても靴の選択については戸惑うことが多い³⁾とされており, 靴に関する啓発活動が重要である。

FIM(機能的自立度指標)を用いて生活の自立度を調査したが, 調査期間中に変化が認められなかったのは, 一段階上のスコアレベルに至るまで自立度が上昇しなかったためであった。FIMの評価レベル⁴⁾では, 介助者なしの自立であっても補装具を使用していると6点, その上は完全自立で7点である。今回の対象者の場合, 車いすや杖の使用は不可欠であるため, この1点を上昇させることは事実上無理である。また認知症等によって監視レベル(介助者あり)の場合は5点であるが, 靴の交換のみによって補装具使用で修正自立(介助者なし)6点になることは難しい。したがって, 適切な靴の使用は効果がなかったと解釈するのではなく, むしろレベルが低くなっていく後期高齢者に対して, 日常生活の活動度を向上させるための一手段として適切な靴使用が役立つと積極的に解釈したい。また靴の新調によって日常活動の意欲を向上させることにもつながるものと思われる。

下肢の浮腫が改善したことは, 適合した靴の使用によって日常生活の活動度が向上し, 運動量の増加によって体循環を促進したものと考えられた。

適切な靴は足部と靴の適合性が良く、移動推進力のロスを軽減するため、移動時間が短縮したと考えられた。また浮腫が軽減したことにより、下肢の関節可動域も拡大し、さらに移動運動も促進されたと考えられた。

認知度には変化が認められなかったが、対象者の日常を最も良く知る介護員のコメントでは、日常生活動作が円滑になり、対象者の表情が明るくなったことが報告され、特にトイレまでの移動時間が短縮し失禁回数が減少したことは、介護する側にとってもメリットが大きい結果となった。

結 語

本研究は靴以外の生活条件を変えないで、適切な靴を使用したときの身体と生活に与える効果を調査したものであった。靴の不適合は12名中9名であり、特に浮腫の改善が顕著で、移動時間が

速く改善し、認知症に関しては現状維持か改善傾向となり、介護量は減少することが認められた。

本研究は介護老人保健施設ヌーベルさんがわ、および徳武産業株式会社の協力を得て行われました。紙上をお借りして御礼申し上げます。また本研究の一部は、平成22年度新潟医療福祉大学研究奨励金によって行われました。

文 献

- 1) 阿部 薫他. 後期高齢者におけるケアシューズの適合性と靴歩行特性. 靴の医学 2009;23:81-5.
- 2) 坂口 顕他. 後期高齢女性の履物購入に関する調査～軽度要介護高齢者について～. 靴の医学. 2006;20:27-30.
- 3) 岩波君代. 特養における靴選びとシューフィッティングの重要性. コミュニティケア 2010;12(6):56-8.
- 4) 才藤栄一. Functional Independence Measure(FIM). 現代リハビリテーション医学. 千野直一編. 東京:金原出版;1999;201-3.

足部アーチに着目した歩行解析

Gait analysis study focused on an arch of foot

国立障害者リハビリテーションセンター学院

National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, College

丸山 貴之, 高嶋 孝倫

Maruyama Takayuki, Takashima Takamichi

Key words : 足部アーチ (foot arch), 粘弾性 (viscoelasticity), 歩行解析 (gait analysis)

要 旨

[目的] 足部アーチの歩行運動への影響を運動解析実験により明らかにする. [方法] 健常被験者1名に対し, 足部アーチの固定・非固定の状態で行の運動解析実験を行い比較・検討を行った. 同一被験者内で条件を変えることで, アーチ以外の生体力学的な条件を統一した. [結果] 踵接地から足底接地にかけては足関節の底屈方向角加速度が, 立脚中期では足関節部の鉛直方向加速度の振幅が, 足部アーチの固定で有意に増加した. 立脚相後半では足関節底屈方向の関節パワーが, 足部アーチの固定で有意に減少した. [考察] 立脚相前半から立脚中期にかけては足部アーチの衝撃吸収への寄与が, 立脚相後半では足部アーチの推進力への寄与が示唆された.

緒 言

ヒトの足部には他の動物に見られない特徴的な構造を有したアーチが存在する. その機能には足底接地時の衝撃吸収や蹴り出しのスプリング効果,

不整地への対応等があるとされ, ヒトに特異な2足歩行に寄与していると考えられている^{1)~3) 5)}.

また, 足部アーチの歩行周期中の変形量はこれを支持する生体内組織による支持力により決定され, これらが不足する場合に大きな変形が生じ, それが継続すると病的な変形に移行すると考えられる⁶⁾. このように, 足部アーチはヒトの歩行を考える上で非常に重要な要素であり, かつ, その病的変形は疼痛や跛行を引き起こす要因となる.

足部アーチの構造と機能について, 高嶋ら^{6) 7)}は生体計測値に基づき足部アーチを粘弾性モデルに置き換え, その係数を数値化することで検証を行っている. Gefen ら⁸⁾は, X線による歩行中の足部関節の挙動および足底圧計測値より足部有限要素モデルを構築し, 歩行中の足部内のストレス分布によるアーチ変形をシミュレーションしている. 内藤ら⁹⁾は, 足部をアーチ節を含む剛体リンクモデルに置き換え, 順動力学シミュレーションの手法を用いてアーチの存在が歩行中のエネルギー効率に寄与することを示した. Hashimoto ら¹⁰⁾は, 2足歩行ロボットの足部にヒトのアーチ構造を模擬した機構を実現することにより, ロボット工学の見地から足部アーチの役割の解明を試みている. その結果アーチ機構を追加した2足歩行ロボットは立脚相前半の衝撃緩衝と後半の効率的な蹴り出しが実現されたと報告している.

(2011/03/29 受付)

連絡先: 丸山 貴之 〒359-8555 埼玉県所沢市並木4-1
国立障害者リハビリテーションセンター学院
TEL 04-2995-3100 FAX 04-2993-6560
E-mail maruyama-takayuki@rehab.go.jp

しかし、いまだアーチの歩行への影響およびそのメカニズムは運動力学的には明確ではない。

本研究の目的は、足部アーチの歩行への影響を、運動解析実験により明らかにすることにより、足部アーチの機能、役割を明確にすることにある。

対象と方法

1. 方法

被験者の足部アーチを固定した状態と通常の状態で行解析実験を行った。同一被験者で足部アーチの条件を変えて行うことにより、筋力、靭帯張力、足部の解剖学的構造など身体条件が一定となり、足部アーチの機能以外の条件を統一したと仮定できる。よって、アーチ機能の有無による相違が抽出され、後述する計測パラメータの導出値を基に足部アーチの存在意義について定量的な検討が可能である。

1. 1 アーチの固定

アーチの固定は、アーチ形状変化を阻害するプラスチック製のアーチ固定シェル(図1)を装着することにより行った。アーチ固定シェルは足部の形状に適合させ固定性を高めるため、被験者の足部を採型して得たモデルでの真空成形により製作した。また、形状は後足部からMP関節近位までとし、距骨下関節の動きを固定し、かつ踏み返しの動作は妨げず、足背まで覆うことで踵離地以降のアーチ変形についても抑制する構造とした。

アーチ固定シェルの固定効果については検証実験を行った。アーチ固定シェルの装着/非装着の各条件において、下肢への荷重を変化させる目的で、座位、立位、負荷立位(体重(BW)の200%)でのアーチ高率を測定した。アーチ高率は、床面からの舟状骨粗面高と全足長の比を100分率[%]で表した。

その結果、アーチ高率は足部シェル非装着では荷重の増加とともに低下しているが、足部シェル装着では、アーチ高率の変化は少ない。(図2)以上より、アーチ固定シェルによるアーチ固定効果を認めた。以後、シェル装着時をアーチ固定時

(rigid)、非装着時を通常時(normal)と記述する。

1. 2 解析手法

計測はアーチ固定時/通常時の歩行を床反力計(Kistler)および3次元動作解析装置(VICON512)により測定した。3次元動作解析のマーカは、第1, 5中足骨頭、内外果、大腿骨内/外側顆、大転子部、肩峰の計16点とした。これから得られたデータより、下肢3関節の関節角度、体重心変位(大転子間の中点を体重心として近似した)を算出した。また、足関節については、関節角度から、角速度、角加速度を算出し、また鉛直方向並進加速度、足関節モーメント、足関節パワーも算出した。サンプリング周波数は60[Hz]とした。

歩行はアーチ固定シェルの影響を必要最小限にするために着靴で行った。計測ではケーデンスを一定とし、各条件5試行とし、右足の2歩の計10データを計測値とした。測定した値は歩行周期で正規化した。

統計学的検討は、装着/非装着のデータ間で対応のないt検定を行い、有意水準は5%未満とした。

2. 対象

今回はパイロットスタディと位置付け、被験者は健康者1名(20歳男性)とした。

結 果

今回、各関節角度、体重心変位、足関節角速度/角加速度、足関節部鉛直方向並進加速度、足関節モーメント、足関節パワーを歩行周期中の時系列で定量化した。そのうち有意差の見られた①足関節角加速度、②足関節部鉛直方向並進加速度、③足関節パワーについてさらに詳細に比較を行った。

①立脚相初期の踵接地から足底接地にかけては、足関節角加速度の底屈方向の最大値が足部シェル装着において有意に増加した。(図3)これは、アーチ固定シェルにより、足部アーチによる衝撃緩衝作用が抑制され、足関節底屈による衝撃緩衝作用に影響したためと考えられた。

②立脚中期近辺から踵離地においては、足関節部の鉛直方向加速度の振幅がアーチ固定時におい



図 1. 足部シェル

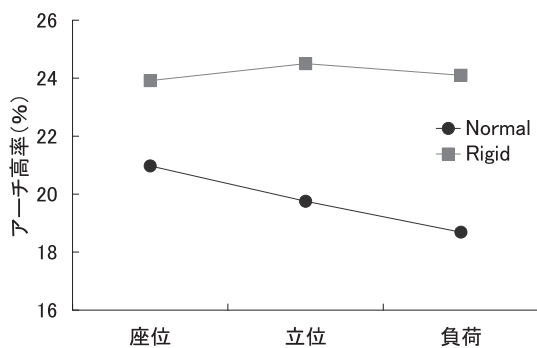


図 2. アーチ高率の変化

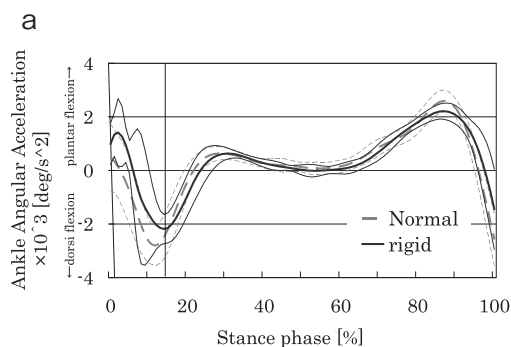
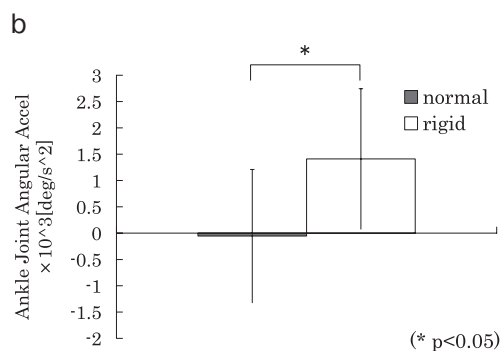


図 3. 足関節角加速度

- a. 立脚相での足関節角加速度
b. 立脚相初期の足関節角加速度の最大値 (底屈 (+) 方向)



て有意に増大した。(図 4) 立脚中期においては体重心の前進とともに床反力鉛直成分が変動する。通常はその外力の変化を足部アーチの粘弾性による緩衝作用により吸収しているが、アーチ固定シェルがそれを抑制したため鉛直方向の加速度の変化として現れたものと考えられた。

③立脚相後半の蹴り出しの時期では、足関節パワーの底屈方向の最大値および踵離地からつま先離地までの積分値がアーチ固定時において有意に減少した。(図 5) これは蹴り出しの時期において、通常、足部アーチの弾性による復元力のエネルギーが足関節エネルギーに加算されて蹴りだしのパワーとなるところが、アーチ固定シェルにより足部アーチの変形が抑制され、復元力のエネルギーも減少

したためと考えられた。

考 察

Elftman⁴⁾らは歩行中の足部の構造変化とそれによる変形剛性の変化について示し、立脚相の初期では足部アーチは柔軟で、後期には強固な構造へと変化すると述べた。これについては、高島ら^{6) 7)}は足部を粘弾性要素で単純モデル化(図 6)し、そのモデルと生体計測値より、歩行中の足部アーチの粘弾性係数を同定した。その係数は歩行周期中に変化することを示し、足部アーチの粘弾性つまり足部の状態は歩行中に変化し、その効果として足部アーチの立脚相初期における衝撃緩衝作用について示唆している。

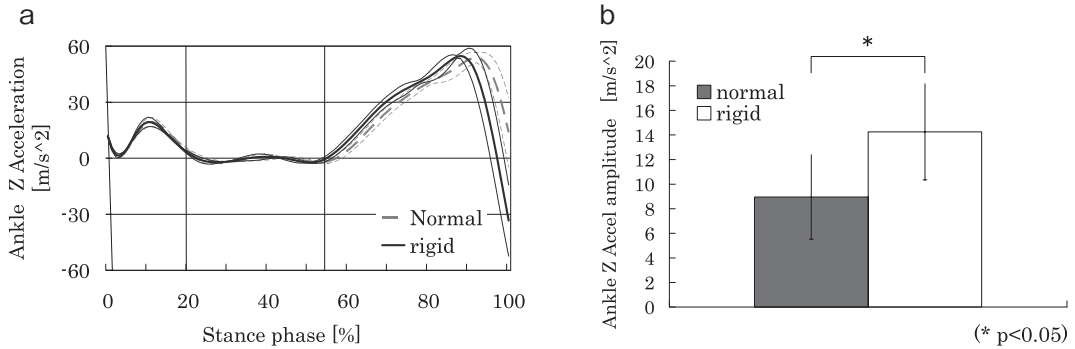


図 4. 足関節部鉛直方向加速度

- a. 立脚相での足関節部鉛直方向加速度
b. 足底接地から立脚中期付近の足関節部鉛直方向加速度の振幅

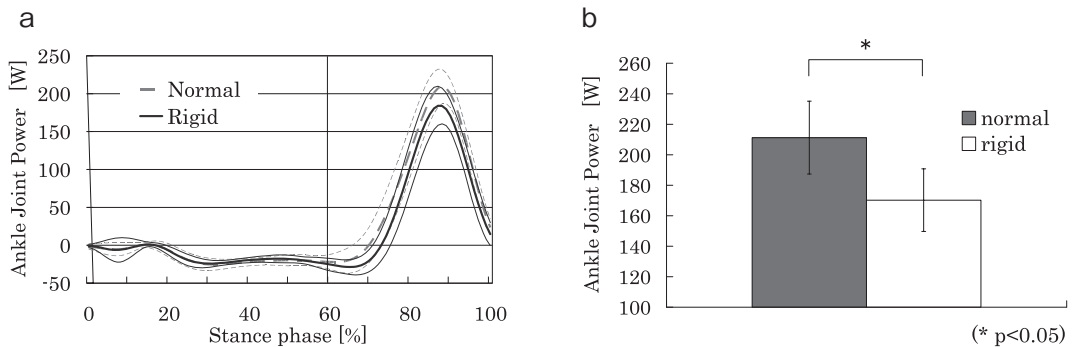


図 5. 足関節パワー

- a. 立脚相での足関節パワー
b. 立脚相後半の足関節パワーの最大値

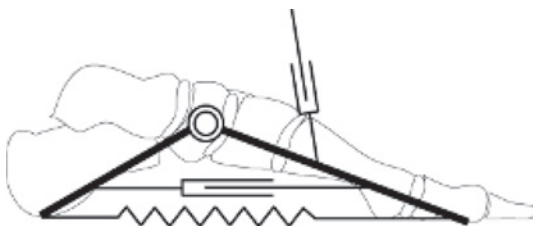


図 6. 足部の粘弾性モデル

今回、アーチ固定シェルの装着により、足部アーチの動きを抑制することで弾性は大きくなり、つまり足部アーチの変形剛性が増加したと考えられる。

通常、踵接地時の衝撃は、主として足関節の底屈および膝関節の屈曲で行われ、それに足部アー

チが加わると考えられる。今回の実験で足部アーチが足部シェルにより剛性が高くなり剛体に近くなったことで、足部アーチの衝撃緩衝性が減少し、足部アーチ直近の足関節の底屈による衝撃緩衝の割合が増加し、その結果、足関節の角加速度が増加したものと考えられた。また、立脚中期における鉛直方向の加速度においても、同様に足部アーチの衝撃緩衝性の減少により、重心移動に伴う外力の変化による加速度が増加したものと考えられた。

つまりこれらの現象は、アーチの衝撃緩衝の効果の存在を示唆するものと考えられた。

また、Ker¹⁾は足部アーチの役割として蹴りだし時のスプリング効果について述べている。足部アー

チを図6のごとくスプリング、つまりバネ要素と考えると、その弾性が増大すれば同じ外力での受動的な変形量は減少し、弾性体に蓄えられるエネルギーは変形量の二乗に比例するため減少する。今回の実験では足部シェルにより変形量が減少し、その結果、足関節のパワー（単位時間当たりのエネルギー）は減少したものと考えられ、足部アーチの弾性が蹴り出し時のパワーに寄与していることを示唆するものと考えられた。

以上により、足部アーチの持つ役割として、衝撃緩衝作用および、蹴りだし時のスプリング効果について、運動力学的にその存在を示唆する結果を得られたと考えられる。

しかし、これらの現象に対する足部アーチの寄与率については、他関節の運動解析や、筋電、歩行時の消費エネルギー等をパラメータとした、より詳細な解析を行う必要がある。

結 語

足部アーチの機能については諸説あるが、本研究は運動力学的な観点から検証を試みたものである。今回の実験では、健常な被験者1名を対象とし、歩行運動に対して足部アーチが及ぼす影響、とりわけ、足部アーチの立脚相初期から中期にかけての衝撃緩衝および蹴りだし時の推進効果に関

与する現象を確認することができた。しかしながら、足部アーチの特性と観察された現象を定量的に検証するにはより詳細な計測を被験者を増やして行う必要がある。

文 献

- 1) Ker R.F. The spring in the arch of the human foot. Nature 1987; 325: 147-9.
- 2) 水野祥太郎. ヒトの足—その形態と機能について—, 季刊人類学 1971; 2-4: 3-62.
- 3) Kapandji A.I. 機能解剖学 II 下肢 第6版. 東京: 医歯薬出版; 2009.
- 4) Elftman H. Dynamic Structure of Human Foot. Artificial Limbs 1969; 49-58.
- 5) Perry J. Gait Analysis. USA: SLACK Incorporated; 1992.
- 6) 高嶋孝倫他. 単純化された足部モデルによる足アーチの粘弾性解析. 日本機械学会論文集(C編) 2003; 69-685: 173-8.
- 7) 高嶋孝倫他. 歩行中のヒト足部におけるアーチ支持力(力学モデルを用いた逆動力学解析). 日本機械学会論文集(C編) 2002; 68-672: 209-14.
- 8) Gefen A, et al. Biomechanical Analysis of the Three-Dimensional Foot Structure During Gait: A Basic Tool for Clinical Applications. J Biomechanical Engineering 2000; 122: 630-9.
- 9) 内藤 尚他. 足部アーチの力学特性が歩行動作に与える影響に関するシミュレーション解析. 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会講演論文集. 2010; 507-9.
- 10) Hashimoto K, et al. A Study of Function of Human's Foot Arch Structure Using Biped Humanoid Robot. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2010; 2206-11.

デジタルカメラ画像による足型測定システムの開発 —足背高測定法の開発—

Development of the measurement system of the height of the dorsum of the foot by a digital camera

¹⁾九州産業大学情報科学部

²⁾アサヒコーポレーション

¹⁾Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University

²⁾Asahi Corporation

林 政喜¹⁾, 隅田 康明¹⁾, 合志 和晃¹⁾, 古井陽之助¹⁾,
松永 勝也¹⁾, 泉 貴浩²⁾, 平川 和生²⁾

Masaki Hayashi¹⁾, Yasuaki Sumida¹⁾, Kazuaki Goshi¹⁾, Younosuke Furui¹⁾,
Katsuya Matsunaga¹⁾, Takahiro Izumi²⁾, Kazuo Hirakawa²⁾

Key words : 足長測定 (foot length measurement), 足背高測定 (foot dorsum height measurement), 足型計測器 (measurement system of foot)

要 旨

デジタルカメラにより取得した足画像の処理により, 足長, 足幅, 足背高を測定する装置の開発を行った. 足長, 足幅は足底側から撮影した画像を処理することによって測定するようにした. 足背高は足の側方に鏡を設置し, 足底側から足画像を撮影するカメラで足底画像と同時に撮影できるようにし, その画像の処理により測定できるようにした. なお, 足とカメラ間の距離の違いによる測定誤差を修正するための補正は, 足型測定基準線 (踵最突出部と第2足指先端の最先端間を結ぶ線) により, カメラとの距離を解析し, その距離

を利用することによって行った. 10の石膏足を利用し, カメラの光軸に対して石膏足の置き方が内旋, 外旋, 足側方画像撮影用鏡と並行の3状態で測定精度の確認を行った. その結果, 測定誤差は $\pm 2\text{mm}$ 以内となった.

緒 言

履きやすい靴を製造するには, 足長, 足幅, 足背高の測定は必須と言える. これまで, 足型の測定は手計測またはレーザー走査方式^{1) 2)}により主になされてきている. 足は軟体であるので, 手計測では, 測定熟練者であっても測定精度には限界がある. また, 測定にはある程度の時間を要するので, 単位時間内に処理できる数にも限界がある. レーザー走査方式では足全体の走査を行うのに数秒の時間を要するので, 静止状態を維持させることの困難な人の場合の測定では誤差が大きくなるという問題がある. 目盛りを背景にした足画像か

(2011/10/18 受付)

連絡先: 松永 勝也 〒813-8503 福岡県福岡市東区松
香台 2-3-1 九州産業大学情報科学部
TEL 092-673-5400 FAX 092-673-5454
E-mail matsnaga@is.kyusan-u.ac.jp

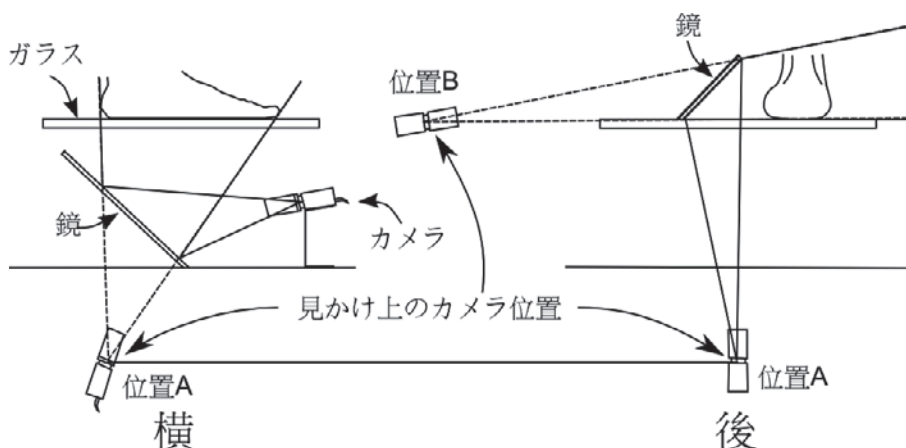


図1. 足型測定用の足画像取得装置の構造図

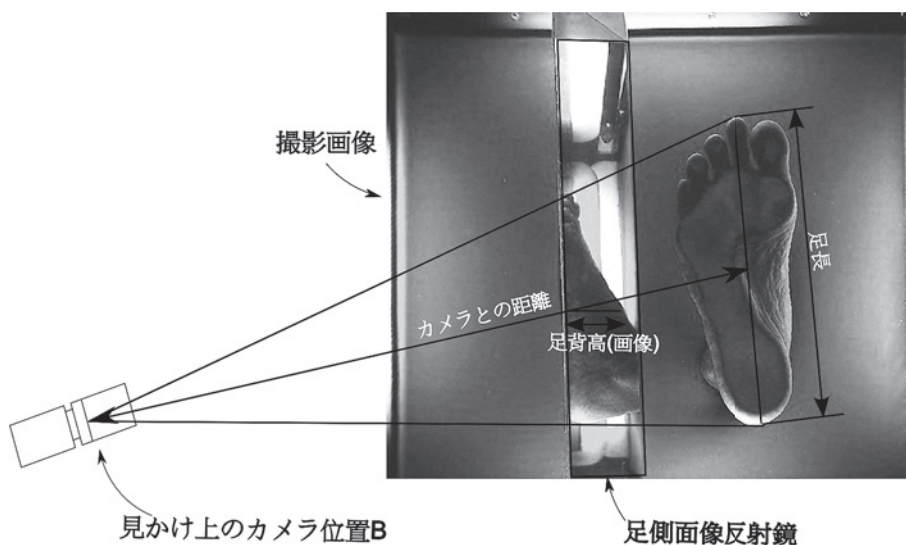


図2. カメラと足間の距離の求め方の解説図

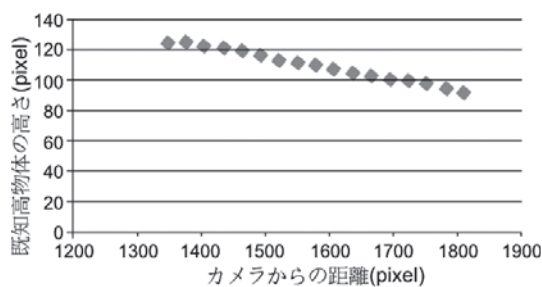


図3. カメラからの種々の距離にある既知高物体の画像上の高さ (単位: ピクセル数)

ら足長を読み取る方式³⁾における足画像取得時間は短い。規定位置に足を正確に置くのにやや時間を要する。また、その足置き位置の正確度、読み取りの精度にも限界がある。これらの問題を解決するべく、画像取得時間の短いデジタルカメラ(以降カメラ)画像により足長、足幅、足背高を自動的に測定できるシステムの開発を行った。なお、本稿では足幅測定に関しての記述は割愛した。

方法と対象

1. カメラ画像による足型測定器の方式

静止状態を維持できない人でも測定可能なように、画像取得時間の短いカメラで撮影を行い画像を処理することによって測定を行う方式の足型測定器を開発した。足長を測定するために足底面画像を必要とするので、足置きガラス板(計測範囲：400mm×350mm)に裸足で直立した状態で足底方向からカメラで撮影を行った(図1)。足置きガラス板位置の高さを低くするために、鏡を設置し、鏡からの反射像を撮影することとした。また、足側面像を足底面像と同時に撮影可能にするために足置きガラス上に鏡を50度に傾け設置した(図1)。図1には鏡がない場合の見かけ上のカメラ位置も示した。

2. 解析方法

カメラにより取得した足底面画像により足長を解析する。解析に当たっては撮影画像の光学歪み

の修正及び較正をする必要がある。この修正と較正は、足置きガラス板上に置いた較正用プレート(既知の同一間隔の穴の配列のある透明プラスチック板)の撮影画像において、穴の間隔が同一ピクセル数となるように補正を行うことによって行った。較正用プレート及び穴の間隔は既知の長さであるので、足置きガラス板上の物体の大きさは、撮影画像と較正用プレートの穴間のピクセル数との比率によって求めることができる。カメラから得られる画像を図2に示す。

足長の測定には足の測定基準線を利用する。足長は踵最後部(踵点)と第2足指先端を結ぶ線(足型測定基準線)上において、踵点から第2足指先端までの長さ、または、他の指の先端から足型測定基準線上に垂直に降ろした線との交点までの長さにおいて、長い方とされている。

足背高の測定には足底面画像、足側面画像及び足型測定基準線を利用する。足側面画像の大きさは、足とカメラとの距離の違いによって変化する。

表1. 手計測による石膏足の足長と足背高(55%位置)

石膏足番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
足長(mm)	174.0	181.9	188.3	200.0	224.5	228.6	234.5	243.0	248.0	255.4
足背高55%(mm)	43.1	44.3	48.0	55.3	54.5	55.6	59.5	60.3	64.2	62.3

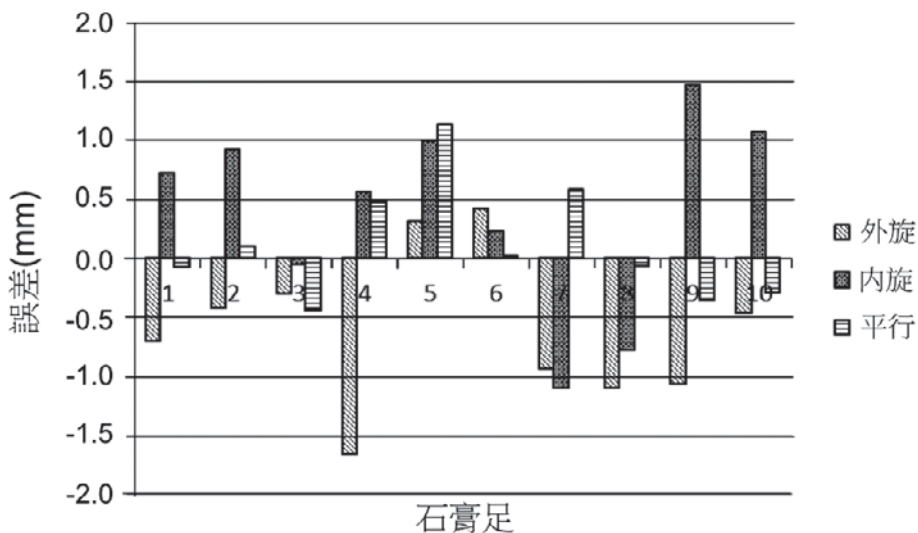


図4. 足長に関する機械計測値と各足位置での画像計測値の差

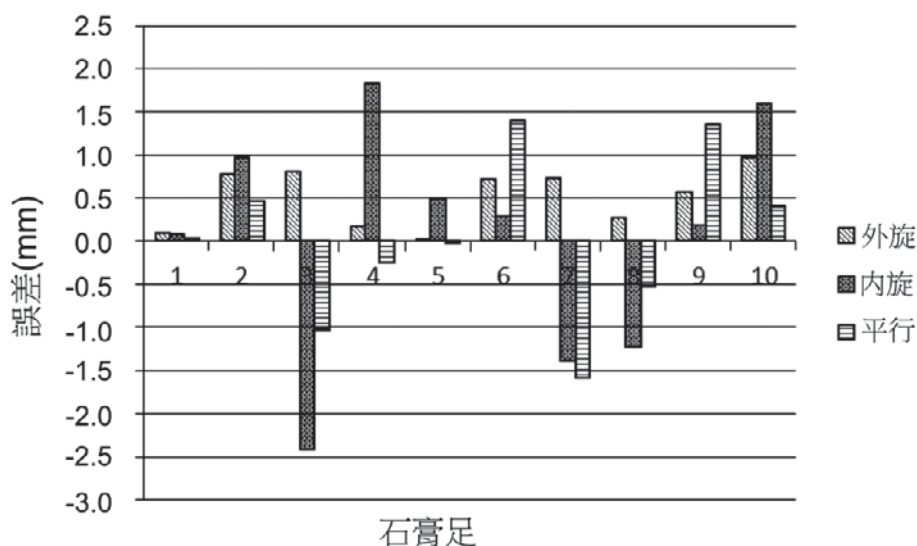


図5. 足背高値についての手計測値と各足位置での画像計測値の差

従って、足背高の解析のためには、カメラと足の距離を同一にする統一化を行う必要がある。この統一化は、足型測定基準線を利用して行うことができる。見かけ上のカメラ位置Bは、足底面画像の第2足指先端と足側面画像の第2足指先端を結ぶ線と足底面画像の踵点と足側面画像の踵点を結ぶ線の交点である。また、統一化のための近似式(式1)を得るために、既知高物体(本研究では、50mm)の位置を変えて撮影し、撮影画像の側面のピクセル数(足背の高さに相関)を求めた(図3)。これにより、カメラと足型測定基準線との間の距離とその位置の既知高物体との関係から足側面画像における足背部のピクセル数(高さに相関)を求めることが可能になる。既知高物体のピクセル数と足側面画像における足背部の高さを示すピクセル数から、足背部の高さの実寸法を求めることができる(式2)。足背高を求める手順としては足型測定基準線位置を解析、決定し、次にカメラとの距離を求め、これらの関係から、各足背部の高さと相関するピクセル数を求める。同距離にある既知高物体の高さ(ピクセル)と足背画像におけるピクセル数との比率を求めること(式2利用)により実寸法に変換することが可能となる。

$$\text{既知高物体の高さ (pixel)} = -0.075 \times \text{カメラからの距離 (pixel)} + 228.56 \quad \text{式1}$$

$$\text{足背高 (実寸法)} = \frac{\text{足背部の高さ (pixel)}}{\text{既知高物体の高さ (pixel)}} \times \text{既知高物体の高さ (mm)} \quad \text{式2}$$

3. 実験結果

本検証実験に使用したカメラ(IUC 2M Pixel PC Cam 画素数:1280×1024)の画像において、解析に利用した領域の画素数は1184×1036であった。このカメラを使用して、10の石膏足を対象にして、本解析方法での精度の検証を行った。精度検証のための石膏足の足背高の測定は、足型測定基準線上における踵から55%の位置で行った。

本研究での手計測では、足背部の測定位置を正確に特定できるように、足長方向に微動させることができるようにしたノギス(シンワ: DIGITAL CALIPER 19979)を使用して足背部高を測定できる器具を作成し、10の石膏足の足長と足背高(55%位置)をそれぞれ10回測定し平均を求めた。その測定結果を表1に示す。画像計測における足背高計測値は、カメラと足の位置関係によって精度が変わる可能性があるため、外旋、内旋、足側面画像撮影用鏡と平行の3状態で石膏足を置き、足の側部を撮影した。

全ての撮影画像に対して足長、足背高を求めた。手計測による石膏足の足長と本手法による計測値の差を図4、足背高については図5に示す。図は外旋、内旋、平行状態での手計測値と本手法での測定値の差をグラフにしたものである。足長において平均誤差は -0.02mm (標準偏差 0.76mm)、足背高 (55% 位置) において平均誤差は 0.19mm (標準偏差 0.95mm) であった。また、足長においては足側方画像撮影用鏡と平行に足を置いた場合の誤差の絶対値の平均は 0.35mm (標準偏差 0.32mm)、足背高 (55% 位置) においては足を外旋状態に置いた場合の誤差の絶対値の平均は 0.52mm (標準偏差 0.32mm) となり、この足置き状態で最も誤差が小さくなった。

考 察

足長測定においては石膏足をカメラの光軸と平行に置いた場合、誤差の絶対値の平均は 0.32mm (標準偏差 0.35mm) で、最も精度が高くなった。この位置以外での測定では、測定精度が低下した。これは石膏足を置く状態によって踵骨の見え方が変わるためであると考えられる。ただし、足置きガラス板上で可能な種々の足の位置で測定した場合の最大誤差は -1.6mm であり、足長測定においては足置きガラス板上で足をどのような角度に置いても、許容精度内で測定が可能と考えられる。足背高測定においては、足位置が外旋状態の場合の誤差の絶対値の平均は 0.52mm (標準偏差 0.32mm) で最も精度が高かった。次に足側方画像撮影用鏡と平行状態での足の位置での測定値であり、最も精度が低かったのは内旋状態での足の測定値であった。足置きガラス板下の鏡を経由して足の側

面像を導くために足の側方に置いた鏡からの像を取得するカメラ位置は、足の側方画像からみると、図2に示すカメラ位置Bにあると見なすことができる。本図から分かるように、外旋状態の足はカメラの光軸と垂直に近くなるために足背部の稜線部分を撮影することが可能であり、そのために高い精度での測定が可能になったといえる。しかし内旋状態では足をやや後ろ方向から撮影することとなり、足長方向において踵点から55%の足背部はそれよりも踵側のより高い部分が撮影されることになる。このことによって、内旋足位置では誤差が大きくなったものと考えられる。

結 語

2つの鏡を使用することにより、足の底面画像と側面画像を同一のカメラで同時に取得し、足長、足幅と足背高を測定するシステムの開発を行った。本システムによって、石膏足を測定したところ、足長の測定においては、解析誤差 $\pm 1.5\text{mm}$ 以下であった。足背高の測定においては外旋状態では $+1\text{mm}$ 以下の誤差で測定できることを確認した。カメラの画像取得時間は短いので ($1/7.5\text{sec}$)、体動の多い人でも一定の精度で足長・足背高を求めることが可能である。

文 献

- 1) Kouchi M, Mochimaru M. Development of a low cost for a custom making system. 5th ISB Footwear Biomechanics. 2001. 58-9.
- 2) 株式会社アシックス. 足型検出表示装置. 特開 2001-207. 2001-01-09.
- 3) 月星化成株式会社. 足サイズ測定器. 特開 2001-227917. 2001-08-24.

高齢女性の足部異常が歩行機能に及ぼす影響

Foot problems affect walking abilities in Japanese elderly women

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 スポーツ医学専攻

Department of Sports Medicine, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

櫻井 祐子, 田辺 解, 久野 譜也

Yuko Sakurai, Kai Tanabe, Shinya Kuno

Key words : 足部異常 (Foot problems), 歩行機能 (walking ability), 高齢者 (elder people), 介護予防 (nursing-care prevention), フットケア (foot care)

要 旨

【目的】足部異常が要介護高齢女性の歩行機能維持に及ぼす影響について検討した。【方法】介護認定を受ける 76-99 歳の後期高齢者の女性 14 名を対象に足部異常の有無, 及び歩行機能の状態を評価した。足部異常の評価には, 足趾・足底部異常評価尺度, 及び足爪部異常評価尺度を用いた。歩行機能は, 6m 歩行時間と開眼片足立ち時間により評価した。【結果】足爪部異常評価尺度の得点と 6m 歩行時間の間に一定の関係は認められなかったが, 足趾・足底部異常評価尺度の得点と 6m 歩行時間の間に有意な相関関係が認められた ($R=0.58$, $P<0.05$, $N=14$)。【結語】75 歳以上の高齢女性における足趾・足底部異常評価尺度の得点の多少が歩行機能の維持に一定の割合で影響する可能性が示唆された。

緒 言

我が国における要介護認定者の 9 割以上が高齢

(2011/11/02 受付)

連絡先: 久野 譜也 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 総合研究棟 D309 号室 筑波大学大学院 人間総合科学研究科 スポーツ医学専攻
TEL 029-853-7335 FAX 029-853-6407
E-mail kuno@taiiku.tsukuba.ac.jp

者である現状を考慮すると, 高齢化の進行と並行して要介護認定者が増加し, それに伴い医療費増大あるいは介護者増大などの社会問題がさらに顕在化すると考えられる。平成 20 年度介護保険事業状況報告では, 要介護認定者数が平成 12 年の 256 万人から平成 20 年の 467 万人と 8 年間で約 1.8 倍に急増している。それゆえ, 高齢者の QOL 向上, 及び社会保障制度の持続という視点からも, 介護度悪化の抑止や介護予防の取り組みは今後さらに重要になると考えられる。

平成 19 年国民生活基礎調査によると, 介護が必要となった主な原因の上位 5 項目の内 3 項目が運動器の衰弱と関連しており, その内訳は「高齢による衰弱」13.6%, 「関節疾患」12.2%, 「転倒・骨折」9.3% と, 全体の 35.1% を占めている。ゆえに, 運動器の衰弱に対する予防, 中でも寝たきりに直結する転倒の予防は, 介護予防において非常に重要な課題の一つであることは明らかである。

転倒には, 加齢に伴う筋機能の低下などの要因が関与している¹⁾が, 最近では, 足部異常のあることが転倒要因の一つとなる可能性が指摘されている^{2)~4)}。足部異常は高齢者で多くみられ²⁾⁵⁾, 加齢とともに発症率がより高くなることが報告されている^{2)5)~7)}。Menz ら²⁾は 75 歳以上の後期高齢者について検討しているが, 対象の 87% において足部異常

が確認され、その内の74%が外反母趾、49%が2-5趾変形、31%がタコ、及び14%がウオノメであったことが報告されている²⁾。また、その発生率に性差が認められ、女性は男性に比べて約3倍多いことも示されている²⁾⁶⁾⁸⁾⁹⁾。

一方、Menzら²⁾は、平均80歳の高齢男女における足部異常と転倒経験の間に関係があることを確認した。これらの転倒経験者は、非経験者に比べて外反母趾の変形が約1.4倍、足の痛みが約2.3倍強くみられたことを報告している³⁾。また、複数の異なる足部異常の重複は、転倒リスクを約1.4倍高めることが示されている⁷⁾。

しかしながら、これらの研究では、足趾・足底部の異常と歩行機能との関係のみを評価しているものであり、足爪部の異常も転倒との関連性が報告されていることから⁴⁾、足爪部異常と歩行機能の関連性についても検討を進める必要があると考える。さらに、これらに関する日本人を対象とした検討は全く見られないのが現状である。

そこで本研究では、足部異常が多発する後期高齢女性の足趾・足底部異常、及び足爪部異常の出現が、歩行機能の低下に一定の影響を及ぼすのではないかという仮説について検証することを目的とする。

方 法

1) 対象者

本研究の対象者は、東京都の通所介護施設に通う要介護認定者とし、本研究への参加を希望した76-99歳の後期高齢女性14名(85.9±7.3歳)とした。なお、全員について認知症の有無と介護度についての調査も行い、その結果認知症の割合は、64.3%(14名中9名)であった。

2) 倫理面への配慮

全対象者に対して口頭及び文書で研究の目的やリスク等について、研究責任者が十分な説明を行い、同意書に署名を得た。なお、認知症を有する対象者に対しては、本人だけでなく家族の同意を得ることを参加条件とした。対象者の個々人の情

報保護のため、データは研究責任者によって厳重に管理された。また、介入前には、施設常駐の看護師、ケアマネージャー、及び介護福祉士が血圧測定などのメディカルチェックを行い、測定が可能であるかについて判断した上で研究を進めた。本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会の承認(記22-149)を得た。

3) 測定項目

足部異常の評価は、フットケア施術10年の経験を持つ1名のフットケアの専門家により直接対面形式で行われた。足趾・足底部異常評価尺度は、Foot problem score²⁾を使用した。「足の痛みで悩んでいる」に対し、「はい」と回答した場合を5点、「いいえ」を0点、外反母趾の変形が軽度(<15°)を1点、中度(15-45°)を2点、重度(>45°)を3点とした。また、「第2-5趾に変形がみられる」を各趾1点、「タコ・ウオノメが見られる」を各1点、「その他目立った障害(内反小趾等)」を各1点とした。これらの合計点を足趾・足底部異常評価尺度得点とした。足爪部異常評価尺度は、ペディグラス社製巻き爪度数量を使用した(ペディグラス社、大阪)。巻き爪の変形が軽度(40-50)を1点、中度(60-70)を2点、重度(>80)を3点とした。また、「第2-5趾の爪に変形が見られるもの」を各爪1点、「第2-5趾の爪に肥厚が見られるもの」を各爪1点とした。これらの合計点を足爪部異常評価尺度得点とした。

歩行能力として、6m歩行テストにおける歩行時間(秒)を指標とした²⁾。室内における6mの歩行路を対象者の主観で“普通”の速度を維持して歩くよう対象者に指示した。なお、測定時には対象者に日常的に履いている室内靴を着用してもらい、日常的に杖や歩行器を使用している場合はいつも通りに利用して歩いた。6mの歩行時間、歩幅、及び歩数の計測を2回行い、その平均値を計測結果とした。

姿勢制御能の測定には、開眼片足立ちテストを実施した。テストは、文部科学省の新体力テスト(65~79歳対象)の方法に基づき実施し、室内の床

表 1. 対象者の特性

項目	平均値	標準偏差
年齢 (歳)	86.4 ±	5.8
身長 (cm)	147.3 ±	8.6
体重 (kg)	45.9 ±	11.7
BMI (kg/m ²)	21.0 ±	4.4
体脂肪率 (%)	29.6 ±	7.4
筋肉率 (%)	23.9 ±	2.4
介護度 (人 (%))		
介護度 1	8 (57.1)	
介護度 2	3 (21.4)	
介護度 3	3 (21.4)	
認知症 (人 (%))	9 (64.3)	

が平坦な場所にて裸足で行った。片足立ちの軸足は対象者の立ちやすい足とした。計測は 2 回行い、その平均値を計測結果とした。

形態計測は、身長計により身長を 0.1cm 単位で測定し、体重体組成計 (HBF-354 IT-2, オムロンヘルスケア社製, 日本) を用いて体重を 0.1kg 単位で測定した。これらの身長と体重から、BMI (Body Mass Index : kg/m²) を算出した。体脂肪率及び筋肉率 (体重あたりの全身筋量) は、体重計測と同様の体重体組成計を用いて測定した。

4) 統計方法

認知症の有無と歩行機能の関係性の検定には独立 2 群の t 検定を、足趾・足底部異常評価尺度得点、及び足爪部異常評価尺度得点と 6m 歩行時間、及び開眼片足立ち時間の 2 因子間の関係性の検討には、相関分析を行い、ピアソンの積率相関係数 (R) を算出した。なお、基本的統計量は、平均値±標準偏差で示した。すべての統計処理には統計ソフト SPSS (SPSS Statistics 18.0 for Windows) を用い、有意水準は 5% 未満とした。

結 果

表 1 には、対象者の特性を示した。すべての対象者が介護認定を受けており、対象者の 64.3% が認知症を有していた。なお、認知症は、歩行機能を低下させる可能性が指摘されているため¹⁰⁾、認知症の有無が歩行機能に及ぼす影響を検討したとこ

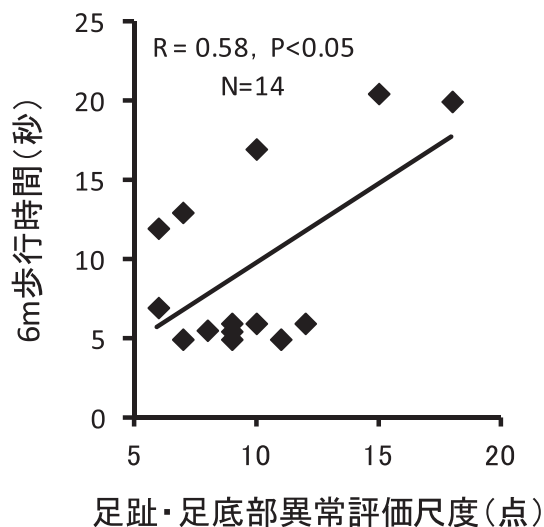


図 1. 足趾・足底部異常と 6m 歩行時間の関係

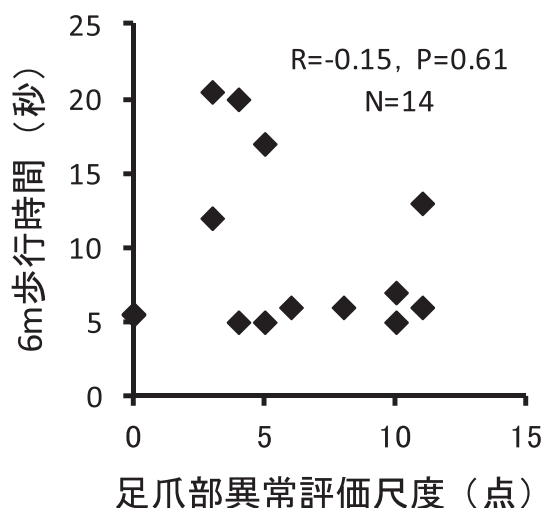


図 2. 足爪部異常評価尺度と 6m 歩行時間の関係

ろ、本研究の対象者においては、認知症の有無は、6m 歩行時間と開眼片足立ち時間に顕著な影響を及ぼさなかった (それぞれ $P=0.54$, $P=0.18$)。

対象者の足部異常の特徴について、足趾・足底部異常の内訳は、「足の痛み」0%、「変形」100%、及び「角質肥厚」50% であった。足爪部異常の内訳は、「変形」85.7%、「肥厚」64.3%、及び「その他」50% であった。

足趾・足底部異常評価尺度と 6m 歩行時間の相関

関係を図1に示した。足趾・足底部異常評価尺度の得点と6m歩行時間に有意な正の相関関係が認められた($R=0.58$, $P<0.05$, $N=14$)。足趾・足底部異常評価尺度の得点が高いほど、6m歩行時間が遅くなる傾向が示唆された。一方、足趾・足底部異常評価尺度の得点と開眼片足立ち時間の間には一定の関係は認められなかった($R=0.06$, $P=0.88$, $N=14$)。

足趾・足底部異常の特徴の中では、足趾・足底部の「変形」得点と6m歩行時間との間に有意な正の相関関係が認められた($R=0.69$, $P<0.05$, $N=14$)。一方で、「角質肥厚」については、その関係は認められなかった($R=-0.03$, $P=0.91$, $N=14$)。

また、足趾・足底部「変形」得点と開眼片足立ち時間の間にも、一定の関係は認められなかった($R=-0.38$, $P=0.23$, $N=14$)。

足爪部異常評価尺度と6m歩行時間の相関関係を図2に示した。足爪部異常評価尺度の得点と6m歩行時間の間には相関関係が認められなかった($R=-0.15$, $P=0.61$, $N=14$)。足爪部異常評価尺度の得点と開眼片足立ち時間の間においても、一定の関係は認められなかった($R=-0.24$, $P=0.45$, $N=14$)。

考 察

本研究では、足趾・足底部異常評価尺度の得点と6m歩行時間との間に有意な正の相関関係が認められ、75歳以上の高齢女性における足趾・足底部異常評価尺度の得点と歩行機能に関係性が認められた。これまでに欧米人の高齢者を対象とした研究において、足趾・足底部異常評価尺度の得点と歩行機能に相関関係があることが報告されているが²⁾、日本人の75歳以上高齢女性においても、足趾・足底部異常評価尺度の得点の多少が歩行機能の維持に一定の割合で影響する可能性が示唆された。さらに、足趾・足底部異常の中でも、「変形」の得点と6m歩行時間との間に有意な正の相関関係が認められたことから、本研究の対象者においては、「変形」による得点が多いことが歩行機能低下に影

響を及ぼす可能性が示された。今後は、足部異常評価尺度の得点の多少が歩行機能の中のどの機能に影響を与えるのかについても具体的に検証を続ける必要があると考える。

足爪部異常は、肥厚や変形と転倒不安に関係があり、適切な爪のケアが転倒不安を減らす傾向にあると報告されていたことから⁴⁾、歩行機能に影響を及ぼすという仮説のもと実験を行ったが、有意な関連性は認められなかった。本研究は、足爪部異常が歩行機能に及ぼす影響を検討した初めての研究であった。今後はより多くの研究が必要であると考えられる。

姿勢制御能の指標である開眼片足立ち時間は、足趾・足底部異常評価尺度の得点との間に一定の関係は認められなかった。このことは、欧米人を対象とした先行研究⁸⁾の見解と一致しなかった。先行研究では、痛みがある足部異常を有する者を対象としており、本研究では痛みを有する対象者はいなかったことも見解が不一致となった一要因となると考えられる。今後は、痛みがある足部異常をもつ者を対象とし、より大きなサンプル数での検証が必要と思われる。

結 語

本研究では、75歳以上高齢女性の足趾・足底部異常評価尺度の得点と6m歩行時間に正の相関関係が認められ、日本人の75歳以上高齢女性における足趾・足底部異常得点の多少が歩行機能の維持に一定の割合で影響する可能性が示唆された。

フットケアは、足部異常の直接的な改善・予防手法である。本研究の結果から、高齢期の女性においては、早い段階でのフットケアによる足趾・足底部異常の軽減、及び予防が必要となると考えられた。また、足部異常に対する適切なフットケアは、足部異常重症化の予防だけでなく、歩行機能の維持や介護・寝たきり予防に繋がると考えられ、それらの成果は、日本における医療従事者に対する科学的根拠に基づいた適切なフットケア教育に役立つことが期待される。

文 献

- 1) Garrow AP, Papageorgiou AC, Silman AJ, et al. Development and validation of a questionnaire to assess disabling foot pain. *Pain* 2000 ; 85 : 107-13.
- 2) Menz HB, Lord SR. The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community-dwelling older people. *Journal of the American Geriatrics Society* 2001 ; 49 : 1651-6.
- 3) Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people : a prospective study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 2006 ; 61A : 866-70.
- 4) 原田和弘, 岡浩一朗, 柴田 愛他. 地域在住高齢者における足部に関する問題と転倒経験・転倒不安との関連. *日本公衛誌* 2010 ; 57 : 612-22.
- 5) Menz HB, Zammit GV, Munteanu SE. Plantar pressures are higher under callused regions of the foot in older people. *Clinical and experimental dermatology* 2007 ; 32 : 375-80.
- 6) Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait & posture* 2007 ; 26 : 68-75.
- 7) Chaiwanichsiri D, Janchai S, Tantisiriwat N. Foot disorders and falls in older persons. *Gerontology* 2009 ; 55 : 296-302.
- 8) Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 2005 ; 60 : 1546-52.
- 9) Dunn JE, Link CL, Felson DT, et al. Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults. *American journal of epidemiology* 2004 ; 159 : 491-8.
- 10) Eriksson S, Gustafson Y, Lundin-Olsson L. Risk factors for falls in people with and without a diagnose of dementia living in residential care facilities : a prospective study. *Archives of gerontology and geriatrics* 2008 ; 46 : 293-306.

サッカー選手の下肢の外傷, 障害と足部形態の関連性

Association between traumatic and overuse injuries

of the lower extremity among soccer player and foot morphology

¹⁾医療法人社団 悠仁会 羊ヶ丘病院 リハビリテーション科, ²⁾整形外科

¹⁾Dept. of Rehabilitation, ²⁾Dept. of Orthopaedic, Hitsujigaoka Hospital

阿久澤 弘¹⁾, 須貝奈美子¹⁾, 倉 秀治²⁾

Hiroshi Akuzawa¹⁾, Namiko Sugai¹⁾, Hideji Kura²⁾

Key words : 足部形態 (foot morphology), 回内足 (pronated foot), 回外足 (supinated foot), 外傷・障害発生リスク (risk of injury)

要 旨

本研究の目的は, 社会人サッカー選手の足部形態を調査し, 足部形態と下肢外傷・障害の関連性を調べることである。社会人サッカー選手男性 45 名, 90 足を対象とし, Foot Posture Index 6 を測定して, 足部形態を回内, 回外, 正常に分類した。また, 過去の外傷, 障害歴, 外傷・障害によりサッカーを休んだ期間をアンケート調査し, 外傷, 障害発生リスクと足部形態の関連性と各足部形態間の休み期間との関連性を比較検討した。各足部形態と外傷, 障害の発生頻度の間に有意な関連性がみられた。また, 回内, 回外足は正常足に比べて休み期間が長い傾向があった。障害予防の観点から, 足部形態の評価の重要性や足底板によるアライメント矯正の必要性が再認識された。

緒 言

サッカーはその競技特性から, 下肢の外傷, 障害発生リスクが高いスポーツである。それらの外傷, 障害を引き起こす要因として, 筋力, 柔軟性, プレー時間, ピッチ状態, シューズなど様々な要因が関係しているとされている。足部形態もその中のひとつである。しかし, 足部形態が下肢外傷, 障害に与える影響に関しては未だ一定の見解が得られていない。本研究の目的は, 社会人サッカー選手の足部形態を調査し, 足部形態と下肢外傷, 障害の関連性を調べるとともに, 各足部形態間の外傷, 障害による休み期間を比較検討することである。

対象と方法

1. 対象

札幌市社会人サッカーリーグに所属している男性 45 名 (平均年齢 29.0 ± 4.1 歳), 90 足を対象とした。

2. Foot Posture Index 6 (FPI6)

足部形態の評価として FPI6 を測定し, 足部形態を回内, 回外, 正常の 3 つのタイプに分類した。

(2011/10/19 受付)

連絡先: 阿久澤 弘 〒062-0051 北海道札幌市豊平区
月寒東1条19-1-1 医療法人社団 悠仁会 羊ヶ丘病院 リハビリテーション科
TEL 011-853-2211 FAX 011-853-2210
E-mail h-akuzawa@hotmail.co.jp

表 1. FPI6 のスコア

後足部スコア	- 2	- 1	0	1	2
距骨頭の触診	距骨頭の外側のみ触知可能	距骨頭の外側とわずかに内側が触知可能	距骨頭の内外側が均等に触知可能	距骨頭の内側とわずかに外側が触知可能	距骨頭の内側のみ触知可能
内外果上下のカーブ	内外果下方のカーブが凸型もしくは平坦	内外果下方のカーブが凹型もしくは平坦で、上方のカーブよりも浅い	内外果上下方のカーブがほぼ均等	内外果下方のカーブが上方のカーブよりも凹型	内外果下方のカーブが上方のカーブよりも著明に凹型
踵骨の内外反	5° 以上の内反	0- 5° の内反	垂直	0- 5° の外反	5° 以上の外反
前足部スコア	- 2	- 1	0	1	2
距舟関節の位置	距舟関節周辺が凹型	距舟関節周辺がわずかに、しかし確実に凹型	距舟関節周辺が平坦	距舟関節周辺がわずかに凸型	距舟関節周辺が著明に凸型
内側縦アーチの高さ	アーチが高く、後方の角度が急	アーチがある程度高く、後方の角度がわずかに急	アーチの高さが正常	アーチが低く、中央部分が平坦化	アーチが非常に低く、中央部分が平坦で地面に接地
前足部内外転 (後方から確認)	内側の足趾のみははっきりと見える	内側の足趾が外側よりもはっきりと見える	内外側の足趾が均等に見える	外側の足趾が内側よりもはっきりと見える	外側の足趾のみははっきりと見える

Redmond 1998 The Foot Posture Index⁶より改変

FPI6 は足部の形態を 6 つの評価項目 (縦アーチの高さ, 前足部内外転, 距骨触診, 内外果上下のカーブ, 距骨と舟状骨の位置関係, 踵骨内外反) により評価するもので, それぞれの項目を -2 点から 2 点までで評価し, 6 点以上を回内足, 0 点以下を回外足, 1 点から 5 点を正常足とする. (表 1) 測定は the master of musculoskeletal and sports physiotherapy のコースワーク中に, FPI6 に関する講義および実技指導を受けた理学療法士 1 名が行った.

3. アンケート調査

サッカーに起因する過去の外傷・障害歴, それらの怪我・障害によりサッカーを休んだ期間 (週数), サッカーの経験年数をアンケート調査した. 外傷, 障害歴に関しては, 他のプレイヤーとの接触が原因の外傷は除外した. また, 外傷, 障害が原因でサッカーを休んだ期間を標準化するために, 経験年数を週数に変換し, 休み期間を経験期間で除した値を経験期間に占める休み期間とした. 同一脚に複数の外傷, 障害歴があった場合, 全ての休み期間を合計した値を経験期間で除したものをを用いた.

4. 統計学的解析

足部形態と外傷, 障害発生リスクとの関係性を調べるために, 各足部形態の外傷, 障害歴のある脚とない脚の数を χ^2 検定の $m \times n$ 分割表にて解析した. また, 各足部形態間の休み期間を比較するために一元配置分散分析を用いた. 有意水準は 0.05 未満とした.

結 果

FPI6 による足部形態分類は, 回内足 21 足, 回外足 17 足, 正常足 52 足であった. また, 平均経験年数は 14.0 ± 7.4 年で, 経験期間に占める休み期間の平均は $0.8\% \pm 2.0$ であった.

全体と各足部形態の過去の外傷, 障害歴を表 2 に示す. 全体では捻挫が 20 件と最も多く, ついで肉離れ, 膝靭帯損傷, 外果骨折が多くみられた. 各足部形態の外傷, 障害歴も全体の外傷, 障害歴と同様の傾向がみられた.

各足部形態の外傷, 障害歴を持つ脚と外傷, 障害歴のない脚の数を表 3 に示す. 足部形態と外傷, 障害の関連性を χ^2 検定にて解析したところ, 有意差がみられた ($p < 0.05$).

また, 足部形態ごとの経験期間に占める平均休

表 2. 外傷, 障害数

外傷, 障害	全体	回内	回外	正常
足関節捻挫	20	6	4	10
大腿二頭筋肉離れ	9	2	1	6
下腿三頭筋肉離れ	5	3	0	5
ACL 損傷	5	2	0	3
PCL 損傷	3	0	0	3
外果骨折	3	1	0	2
MCL 損傷	2	0	0	2
LCL 損傷	2	0	0	2
中足骨骨折	2	1	0	1
大腿四頭筋肉離れ	1	1	0	0
外側半月板損傷	1	0	0	1
内側半月板損傷	1	1	0	0
足底腱膜炎	1	0	1	0
オスグッド	1	0	1	0
腸脛靭帯炎	1	0	1	0
Patellofemoral pain syndrome	1	0	1	0
合計	58	17	9	35

表 3. 足部形態と下肢外傷, 障害の関連性

	Injured	No injury	合計
回内	14	7	21
回外	8	9	17
正常	16	36	52
合計	38	52	90

 χ^2 検定 ($p < 0.05$)

み期間は回内足で 1.7%, 回外足で 0.9%, 正常足で 0.5% であった。一元配置分散分析の結果, 各足部形態の平均休み期間に有意差はなかったが ($p = 0.05$), 正常足に比べて回内足, 回外足では休み期間が長いという傾向がみられた。(図 1)

考 察

本研究の結果, 足部形態と外傷, 障害発生数に関連性がみられた。また, 回内, 回外足では正常足と比べて外傷, 障害によってプレーを休む期間が長い傾向がみられた。

回内足, 回外足では外傷, 障害の発生リスクが高まる理由として以下の要因が考えられる。回内足では足縦アーチの機能不全により足部剛性が低下する傾向にあるため¹⁾, 回外筋を中心とする足部

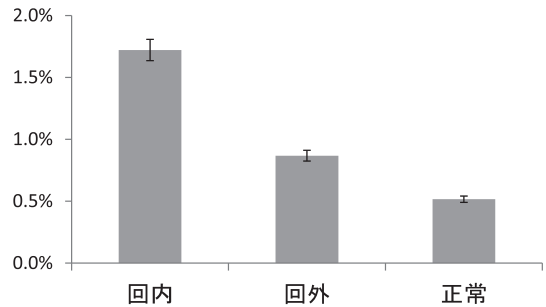


図 1. 各足部形態の経験期間に占める休み期間
ANOVA ($p = 0.05$)

周囲筋の活動によって安定性を維持していることが推察される。そのため, スポーツ動作によって筋疲労が起これば足部の安定性が低下し, 筋によるショック吸収が困難な状態となることが予想される。このようなメカニズムで, 足部周囲の筋腱に対する負荷の増加, 骨へのストレスの増加がみられることになる^{2)~4)}。また, 回内足では脛骨内旋角度が増加し, 膝関節が外反することで足部だけでなく, 膝や下肢全体の障害の発生リスクが高まるとされている⁴⁾。同様に回外足ではショック吸収能力の低下による足部, 特に外側への床反力の増加がみられ, 中足骨骨折のリスクや膝内反角度の増加による膝内側への負荷量が高まる可能性が示唆されている³⁾。

本研究の結果は, フットサル選手やバレーボール選手を対象とした下肢外傷, 障害の発生リスクと足部形態との関連性を調べた過去の研究結果と一致するものであった⁵⁾⁶⁾。しかし, 外傷, 障害発生リスクを高めるものとして他の要因も知られており, 足部形態が主要因とはならないという報告も散見され⁷⁾⁸⁾, その関連性については未だ一定の見解が得られていない。

本研究では, 過去の研究でみられたような下肢の外傷, 障害発生数だけでなく, それらの外傷, 障害によりプレーを休んだ期間を各足部形態間で比較検討した。各足部形態間で休み期間に有意差はなかったが, 回内足, 回外足では休み期間が長い傾向がみられた。回内足, 回外足ではひとつの

重度な外傷、障害が起こることで休み期間が長くなったのではなく、複数の外傷、障害歴があるために期間が長くなったと考えられる。

本研究の結果は、外傷、障害予防の観点から、スポーツの現場における足部形態の評価の重要性を示唆するもので、足底挿板やスポーツシューズによるアライメント修正の必要性を示すものとなった。今後、サンプルサイズを増やしての調査を続けることと、足底挿板の使用や足部形態に適したコンディショニングトレーニングによって外傷、障害発生リスクが変化するかを調査することが必要であると考ええる。

結 語

足部形態と下肢外傷、障害発生歴の関連性と、各足部形態の休み期間を比較検討した。下肢外傷、障害発生数と足部形態に有意な関連性がみられた。また、回内足、回外足では、正常足と比べて外傷、障害による休み期間が長い傾向が見られた。

文 献

- 1) Bolgia LA, Malone TR. Plantar fasciitis and the windlass mechanism : a biomechanical link to clinical practice. *Journal of Athletic Training* 2004 ; 39 : 77-82.
- 2) Tweed JL, Avil SJ, Campbell JA, et al. Etiological factors in the development of medical tibial stress syndrome : a review of the literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 2008 ; 98 : 107-11.
- 3) Weist R, Eils E, Rosenbaum D. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *The American Journal of Sports Medicine* 2004 ; 32 : 1893-8.
- 4) Brukner P, Khan K. *Clinical sports medicine*. 3rd ed. Australia : McGraw-Hill ; 472-522.
- 5) Clain LE, Nicholson LL, Adams RD, et al. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2007 ; 10 : 311-9.
- 6) Vařeka I, Vařeková R, Lehnert M, et al. The effect of foot type and laterality on ankle sprain in elite female volleyball athletes. *Kinesiology* 2009 ; 41 : 164-71.
- 7) Reinking FM, Austin TM, Hayes AM. Risk factors for self-reported exercise-related leg pain in high school cross-country athletes. *Journal of Athletic Training* 2010 ; 45 : 51-7.
- 8) Dahle LK, Mueller M, Delitto A, et al. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991 ; 14 : 70-4.
- 9) Queen RM, Mall NA, Nunley JA, et al. Difference in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait & Posture* 2009 ; 29 : 582-6.
- 10) Willem T, Witvrouw E, Dibaere K, et al. Relationship between gait biomechanics and inversion sprains : a prospective study of risk factors. *Gait & Posture* 2004 ; 1-9.

当科における術中足底鏡の試み

Our trial of an intraoperative pedoscope

水戸赤十字病院・第1整形外科

1st Orthopaedic Department of Mito Red Cross Hospital

倉茂 聡徳

Toshinori Kurashige

Key words : 術中足底鏡 (intraoperative pedoscope), 扁平足 (flat foot), 外反母趾 (hallux valgus)

要 旨

【目的】足底鏡は術前診断に有用だが、治療計画や術後評価に用いられたという報告はほとんどない。術中足底鏡で再現性のある結果が得られるか、また得られた所見が手術の参考になるかの検証を試みた。

【方法】まず無麻酔の健常人、次いで種々の足部疾患の症例の麻酔下術前、術中に、膝屈曲位、足関節中間位で、足底を透明板に載せ、大腿遠位部を圧迫し、体重のおよそ半分の荷重をかけた場合の、足底鏡所見を観察、比較した。

【結果】術中足底鏡は、手術操作後の大まかな足底の圧力分散の改善の確認に有用であった。が、様々な制約があり、行うことで術後成績を左右するかどうかは不明であった。

緒 言

足底鏡は、足部疾患の術前後の評価に有用であるとされるが、成人例で、実際の治療計画や術後

評価に用いられたという報告はほとんどない¹⁾。

Richter らは、術中 pedobarography を行い、計測に基づき 46% で術中に変更を加えたところ、2年後の手術成績が良好であったとしている²⁾³⁾。

彼らの pedobarography は、床上でも足底に体重の半分の荷重をかけられる装置にカスタムメイドの圧力マットを装着した装置を用いている。足底を 10 エリアに分けて、それぞれで術前に健側及び患側の圧を測定しておき、関節固定や矯正骨切りなどの術中操作が終わった段階で、再度患側の圧を測定している。その結果が、健側と同等の前後及び内外側比になっていない場合には、そうなるまで術操作を再施行している。(なお、2006 年では pedography, 2009 年では pedobarography という表現を用いているが、装置や測定法は同様である。)

当科では、術中足底鏡を行った場合、再現性があるか、得られた所見が手術の参考になるかを検討した。

対象と方法

まず、下肢外傷歴のない健常人で、無麻酔下に強化ガラス製の体重計を使用して足底を撮影した。足底を 8 エリアとし、各部位の皮膚色を、十分荷重されている白、荷重が不十分なピンク、荷重されずに正常な皮膚色のままの 3 段階で評価した。

(2011/10/28 受付)

連絡先 : 倉茂 聡徳 〒310-0011 茨城県水戸市三ノ丸
3-12-48 水戸赤十字病院
TEL 029-221-5177 FAX 029-227-0819
E-mail classy-mi-e25dc@asahi-net.email.ne.jp

(図 1)

立位で足関節中間位とし、荷重を変えて観察し



図 1. 足底を 8 エリアに分割して評価した.

1. 後足部
2. 中足部
3. 前足部・内側 (第 1 中足骨頭)
4. 前足部・中間部 (第 2, 3 中足骨頭)
5. 前足部・外側部 (第 4, 5 中足骨頭)
6. 母趾
7. 第 2 趾
8. 第 3 ~ 5 趾

たところ、荷重が少なくなるほど、白色となる皮膚の面積が狭くなっていた。次に、足部や足関節の角度を変えて検査した。足関節外反 10 度で足底圧の分布に変化が見られたため、術中は、特に外反に注意する必要があると考えた。さらに、膝の屈曲角を変えて検査したが、足底圧の分布に変化はなかった。

以上を踏まえて、術中足底鏡を行った。症例は 7 足で、外反母趾 3 足、後脛骨筋腱機能不全 1 足、関節リウマチ 1 足、中足骨折後変形治療 1 足、足底異物 1 足であった。

麻酔法は全身麻酔のみ 3 足、全身麻酔と硬膜外麻酔の併用 3 足、腰椎麻酔 1 足で、体位は仰臥位 6 足、腹臥位 1 足であった。

仰臥位の場合、足底を透明板に載せ、足関節中間位とし、助手が大腿遠位部を圧迫した。実際にはターニケットや布などで肢位に制限があり、ほとんどが膝屈曲 30 度で実施した。

体重計は滅菌不可能なため、足底の皮膚の半分以上が白色になるまで負荷をかけた。腹臥位の場合は、術者が透明板で足底を圧迫した。これを麻酔下に、術前・術中に行った。



図 2. 2 関節 (踵立方, 踵舟) 固定術
左: 術前, 右: 術中



図 3. Mann 変法
左：術前，右：術中

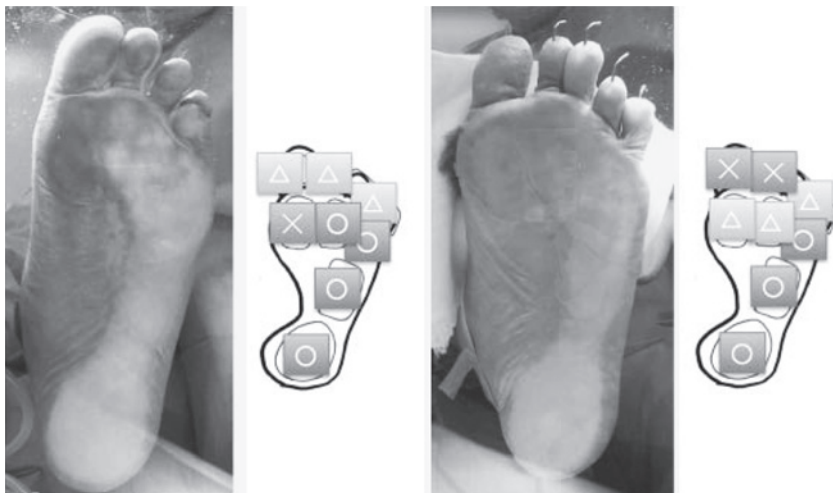


図 4. 母趾 MTP 関節固定，中足骨頭切除
左：術前，右：術中

結 果

実際の症例を示す。

症例 1：69 歳女性。後脛骨筋腱機能不全による外反扁平足に対して、2 関節固定術を行った。術前、圧分布が内側に偏っていたが、外側にも圧がかかるようになった。（図 2）

症例 2：63 歳女性。重度外反母趾に対して Mann 変法を行った。術前は母趾に圧がかかっていなかったが、術中、圧がかかるようになった。前足部内側に圧がかかっていないように見えるが、腓底のために修飾されている可能性があったと思われる。（図 3）

たが、術中、圧がかかるようになった。前足部内側に圧がかかっていないように見えるが、腓底のために修飾されている可能性があったと思われる。（図 3）

症例 3：61 歳女性。関節リウマチに対して、母趾 MTP 関節固定，中足骨頭切除を行った。術前、前足部内側に圧がかかっていないが、術中、圧がかかるようになった。反対に、母趾に圧がかからなくなったが、これは K ワイヤで固定により、

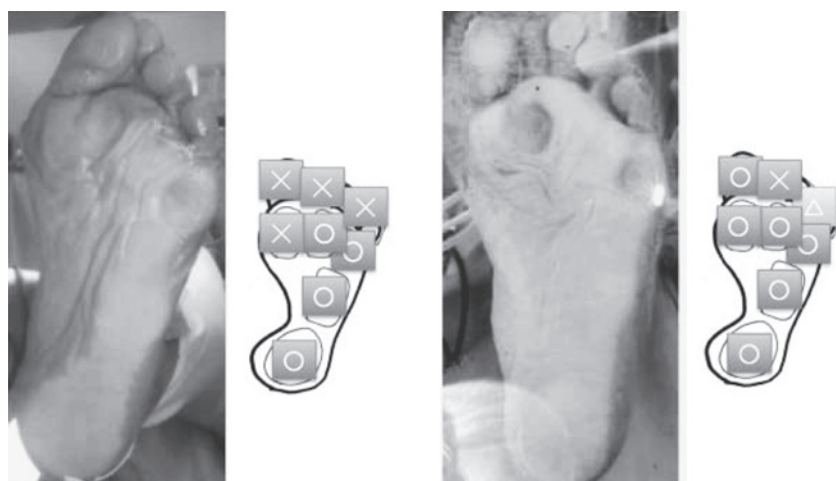


図5. 近位 closed wedge 骨切り, 第2趾伸筋腱・屈筋腱切離, 第2, 3中足骨短縮
左: 術前, 右: 術中

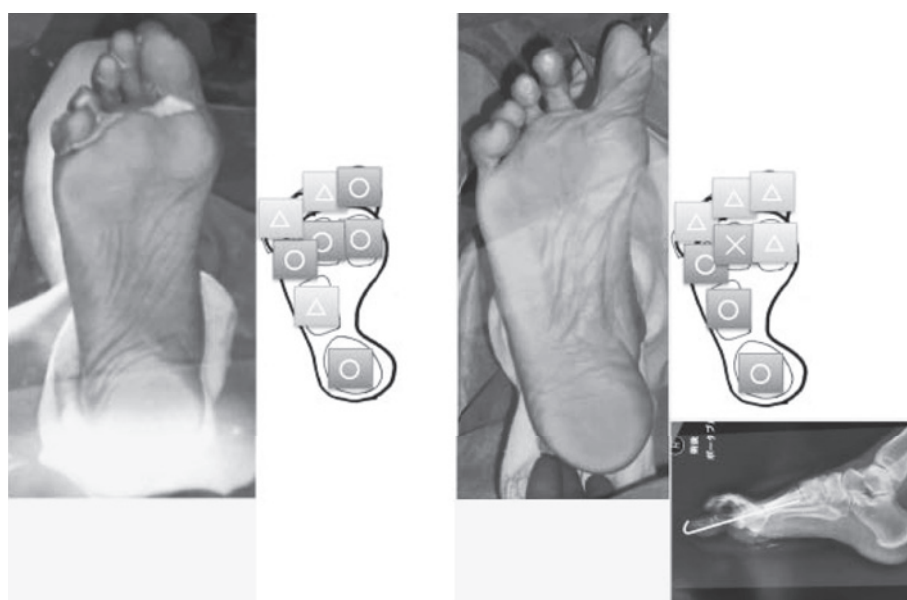


図6. DLMO 法
左: 術前, 右: 術中

他趾が相対的に屈曲したためと思われた。(図4)

症例4: 79歳女性. 重度外反母趾に第2MTP関節脱臼を合併した例に, 近位楔状骨切り術, 第2, 3中足骨短縮術等を行った. 術前, 前足部内側と母趾に圧がかかっていないが, 術中, 圧がかかるようになった. 外側の足趾で圧が上昇している

のは, 第3趾をKワイヤーで固定したためと考えられる。(図5)

症例5: 43歳女性. 中等度外反母趾にDLMO法⁹⁾を行った. 母趾IP及びMTP関節を一直線に固定したため, 母趾先端が透明板に当たってしまい, 圧分布の変化を評価するのは困難だった。(図6)

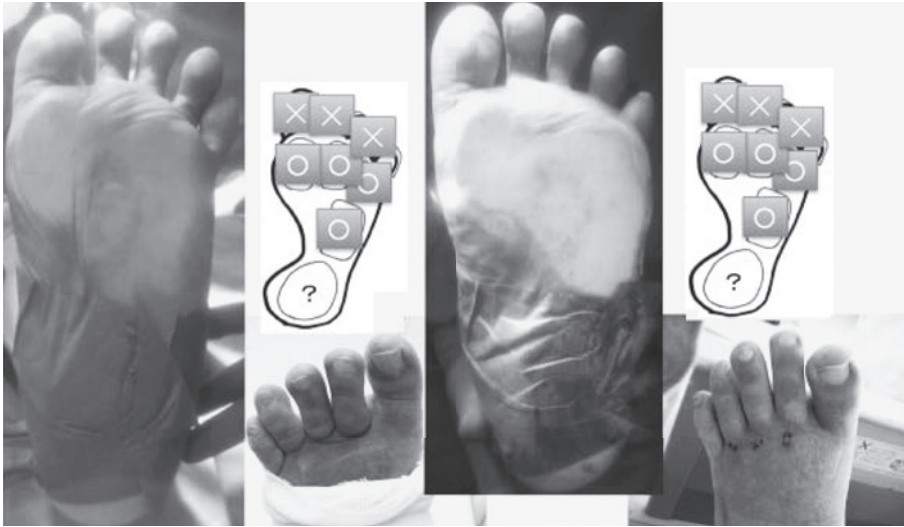


図7. 中足骨短縮骨切り，伸筋腱切離
左：術前，右：術中

症例6：42歳男性．中足骨骨折後変形治癒による中足部痛と足趾変形に対して，伸筋腱切離と中足骨短縮骨切りを行った．皮膚症状があった踵を覆っているため，後足部の圧が評価できない．前足部の圧分布に，明らかな変化は見られなかった．足趾の伸展変形は改善したが，圧はかからないままである．（図7）

症例7：15歳女性．足底異物を摘出した際，術前・術中に皮切が荷重部にかからないことを確認するのに足底鏡を使用した．

考 察

Richterらは，pedographyで立位と麻酔下仰臥位の1/2荷重時の圧分布には有意差がなく，また，麻酔法による差もなく，歩行時立脚期と，立位，仰臥位を比べても，圧の分布に差がないと報告している²⁾．さらに，実際に術式を完了した後に術中pedobarographyを行い，46％で術中に変更を加えた結果，2年後の評価で，術中計測を行った群のほうが成績が良かったと発表した³⁾．（文献2,3でRichterらは同一のシステムを用いて同様の計測を行っており，pedographyとpedobarographyは同

義であると思われる．）

当科での術中足底鏡は定性的であり，DLMO法など，術式によっては評価が困難であり，槌趾などでは足趾の圧分布が評価困難である点で限界がある．

一方，利点としては，術中に大まかな足底の圧力分散の改善を確認でき，安価で，時間もほとんどかからず，体位による制限が少ないことが挙げられる．

結 語

術中足底鏡は，手術操作後の大まかな圧力分散の改善の確認に有用であったが，様々な制約もある．術中足底鏡の結果で術式の変更を加えた例はまだなく，術後成績を左右するかどうかは今後の検討を要する．

文 献

- 1) 福山勝彦．成人における足趾接地の実態と浮き趾例の足趾機能．理学療法科学 2009；24（5）：683-7．
- 2) Richter M, Frink M, Zech S, et al. Intraoperative Pedography : A Validated Method for Static Intraoperative Biomechanical Assessment. Foot Ankle int 2006 ; 27

- (10) : 833-42.
- 3) Richter M, Zech S. Intraoperative Pedobarography Leads to Improved Outcome Scores : A Level I Study. Foot Ankle int 2009 ; 30 (11) : 1029-36
- 4) 須田康文, 井口 傑. 中足骨遠位骨切り術—DLMO法—. MB Orthop 2010 ; 23 (7) : 27-34.

若年女性の外反母趾と足趾筋力

Hallux valgus and toe strength in young women

¹⁾学校法人 専門学校 名古屋医専 理学療法学科

²⁾岐阜保健短期大学 リハビリテーション学科

¹⁾Dept. of Physical Therapy, Nagoya Isen

²⁾Dept. of Rehabilitation, Gifu Junior College of Health Science

杉浦 弘通¹⁾, 酒向 俊治¹⁾, 廣渡 洋史²⁾, 小島 誠²⁾
Hiromichi Sugiura¹⁾, Shunji Sako¹⁾, Hirofumi Hirowatari²⁾, Makoto Kojima²⁾

Key words : 足趾筋力 (toe strength), 若年女性 (young women), 外反母趾 (hallux valgus)

要 旨

本研究は外反母趾を伴う足趾の足趾筋力の特徴を調べるため、外反母趾を伴った足趾と健常な足趾との筋力を比較し検討した。若年女性 21 名を対象とし母趾の外反角度に第 1 趾側角度、足趾筋力に母趾から小趾までの足趾筋力を測定した。その結果、第 1 趾側角度が 15° 以上の対象者を外反母趾群、それ以下の角度の対象者を健常群とした。外反母趾群は健常群と比べ、各足趾筋力に有意な低下を認めた。第 1 趾側角度と各足趾筋力を合計した総足趾筋力との相関では左右共に有意な負の相関を認めた。外反母趾を伴う足趾は母趾だけでなく全足趾に筋力の低下を認め、外反角度の増加は足趾筋力の低下と関連していることを示唆した。

緒 言

足趾の機能は重心をコントロールする上で重要な役割を果たし^{1)~3)}、足趾が障害されることでバラ

ンス能力や動作能力などに影響を及ぼすことが知られている。

足趾機能の評価は一般的に全足趾による足趾筋力が測定されている。しかし、現在までの報告では足趾変形のある対象者や、1 足趾のみの筋力についてはあまり報告されていない。各足趾にはそれぞれ異なった役割を持ちながら協働して機能しており、外反母趾などの足趾変形した場合、変形した母趾だけでなく、他の足趾へも何らかの影響を及ぼすことが考えられる。足趾筋力の評価には足趾に対する運動療法を行う上で足趾機能の把握や、治療の効果判定に重要であり、さらに外反母趾の予測、予防へも期待できる。

そこで、本研究は若年女性の外反母趾の足趾筋力を調べるため、外反母趾を伴った足趾と健常な足趾の足趾筋力を比較し検討した。

対象と方法

対象は足部、足趾に痛みのない女性 (平均年齢 18.9±2.0 歳) 21 名 42 足とした。なお、対象者には研究の目的、方法、危険性など十分説明し同意を得た上で行った。

第 1 趾側角度の測定にはフットプリントを用いて、外郭線の第 1 中足趾節間関節突出部で母趾の

(2011/11/01 受付)

連絡先: 杉浦 弘通 〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 4-27-1 学校法人 専門学校 名古屋医専 理学療法学科
TEL 052-582-3000 FAX 052-582-0099
E-mail sugiura.hiromichi@isen.ac.jp

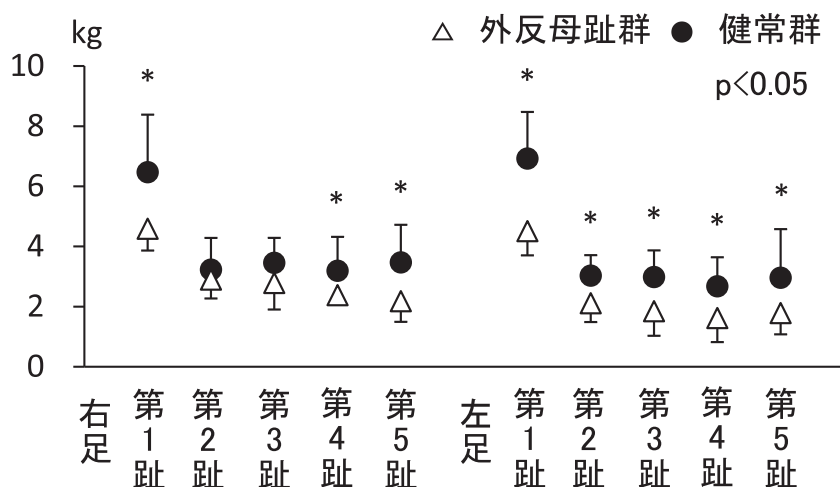


図1. 各足趾筋力の比較

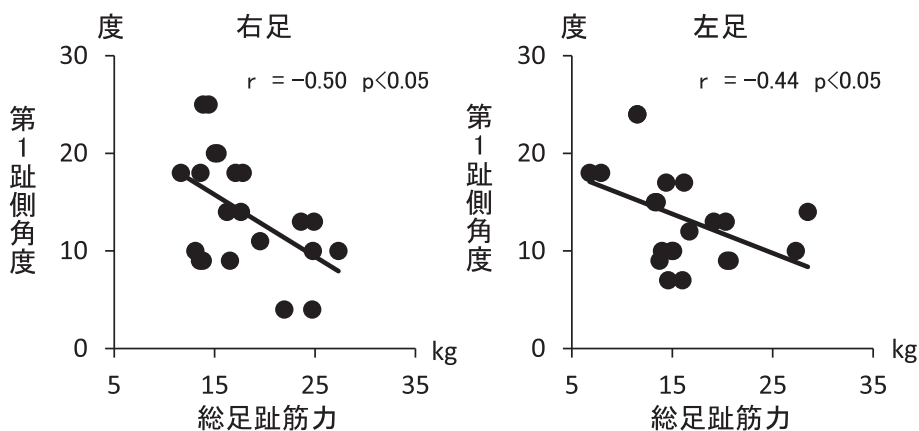


図2. 第1趾側角度と総足趾筋力の相関

接線と、踵内側接線とのなす角度を測定した。本研究の対象者において、第1趾側角度を左右足共に測定した結果、片側のみに外反母趾を伴う対象者は見られなかった。そのため、第1趾側角度が 15° 以上の対象者を外反母趾群、それ以下の角度の対象者を健常群としてそれぞれ比較した。

足趾筋力の測定には、一足趾を載せることができるアタッチメントを作製し、各足趾が床に対して垂直方向へ押すことができるようにデジタルフォースゲージ(DTG-100, デジテック株式会社)を利用し筋力を測定した⁴⁾⁵⁾。測定姿勢は座位姿勢とし、股関節、膝関節、足関節が 90° となるよう

に電動昇降式トリートメントテーブルを用いて座面の高さを調整した。測定時には踵部は測定台に接地させることを条件とし、左右足共に母趾から小趾までの各足趾を3回施行した。測定データは、測定器からパーソナルコンピュータへ保存し、平均値を算出した。条件の測定順序はランダムとし、各測定の間隔は疲労の影響を考慮して1分以上とした。

統計処理には、外反母趾群と健常群の各足趾筋力を比較するため、各足趾筋力、第1趾から第5趾までを合計した総足趾筋力を左右共に対応のないt検定を用いて比較した。母趾の外反角度と足趾

筋力の関連性には、第1趾側角度と総足趾筋力とスピアマンの相関係数を用いて検討した。統計学的有意水準は5%未満とした。

結 果

第1趾側角度の測定結果により、外反母趾群8名、健常群13名であった。各群の第1趾側角度の平均値と標準偏差について、外反母趾群では右足 $20.3 \pm 3.1^\circ$ 、左足 $18.5 \pm 3.6^\circ$ であり、健常群では右足 $10.0 \pm 3.2^\circ$ 、左足 $10.5 \pm 2.4^\circ$ であった。

足趾筋力の測定結果について、外反母趾群の足趾筋力は、右足では第1趾 $6.5 \pm 1.9\text{kg}$ 、第2趾 $3.2 \pm 1.1\text{kg}$ 、第3趾 $3.5 \pm 0.8\text{kg}$ 、第4趾 $3.2 \pm 1.1\text{kg}$ 、第5趾 $3.5 \pm 1.3\text{kg}$ であり、左足では第1趾 $6.9 \pm 1.5\text{kg}$ 、第2趾 $3.0 \pm 0.7\text{kg}$ 、第3趾 $3.0 \pm 0.9\text{kg}$ 、第4趾 $2.7 \pm 1.0\text{kg}$ 、第5趾 $3.0 \pm 1.6\text{kg}$ であった。健常群の足趾筋力は、右足では第1趾 $4.6 \pm 0.7\text{kg}$ 、第2趾 $2.9 \pm 0.6\text{kg}$ 、第3趾 $2.8 \pm 0.9\text{kg}$ 、第4趾 $2.4 \pm 0.3\text{kg}$ 、第5趾 $2.2 \pm 0.7\text{kg}$ であり、左足では第1趾 $4.5 \pm 0.8\text{kg}$ 、第2趾 $2.1 \pm 0.6\text{kg}$ 、第3趾 $1.8 \pm 0.8\text{kg}$ 、第4趾 $1.6 \pm 0.8\text{kg}$ 、第5趾 $1.8 \pm 0.7\text{kg}$ であった。総足趾筋力の平均値について、外反母趾群では右足 $4.0 \pm 1.2\text{kg}$ 、左足 $3.0 \pm 0.6\text{kg}$ であり、健常群では右足 $3.7 \pm 1.1\text{kg}$ 、左足 2.4 ± 0.8 であった。

外反母趾群と健常群との足趾筋力の比較では、外反母趾群は健常群と比べ、右足の第2趾、第3趾以外の足趾筋力に有意な低下を認め(図1)、総足趾筋力においても左右足共に有意な低下を認めた。

第1趾側角度と総足趾筋力の相関では、右足の相関係数 $r = -0.50 (p < 0.05)$ 、左足の相関係数 $r = -0.44 (p < 0.05)$ となり、左右足共に有意な負の相関を認めた。(図2)

考 察

本研究では若年女性における外反母趾の足趾筋力を調べるため、外反母趾を伴う足趾と健常な足趾との各足趾筋力を比較し検討した。その結果、外反母趾群の足趾筋力は健常群に比べ足趾全体に

筋力低下を認め、第1趾側角度と総足趾筋力との間に負の相関関係を認めた。このことから、外反母趾は変形する母趾だけでなく、足趾全体の筋力が低下しており、その外反角度の増加は足趾筋力の低下と関連していることが明らかになった。

本研究の対象者は足趾の痛みや違和感などの自覚症状がなく、片足のみに外反母趾を伴う対象者はみられなかった。本研究は母趾の外反角度となる第1趾側角度のみを用いて、足趾筋力を比較した結果、外反母趾群の足趾筋力の明らかな低下を示した。痛みや違和感による機能低下ではないことから、足趾の筋力低下は日常的に足趾が使われていないことで筋萎縮や機能不全を引き起こしていることが考えられる。若年者における外反母趾の起因には、一般的に履物による影響が知られ、ヒールの高い靴や尖足部が細いものなど母趾を内反方向に外力を加えることで外反母趾が形成される⁶⁾。また、尖足部の細い靴は足趾の動きを制限することで、それぞれの足趾の働きを失わせ、母趾のみに限らず足趾全体の機能を低下させる原因となることが考えられる。また、外反母趾を伴った母趾は外反・反転し、立脚期の蹴り出しにおいても床を垂直に蹴り出せず、歩行時の重心は母趾と第2趾の間を通過せずに母趾の内側面を通過させる⁷⁾。このことから、外反母趾は足趾の中でも主な役割を果たす母趾を機能低下させてしまい、身体動作に対する足趾全体の本来の働きを失わせてしまうことが考えられる。以上のように外反母趾を伴う足趾は履物による足趾の制限による影響、もしくは外反した母趾自体の機能低下が足趾全体の働きを失わせることが推察される。

第1趾側角度と総足趾筋力との間に負の相関関係を認めた。第1趾側角度は足幅や横アーチに関連していることが報告されており⁸⁾⁹⁾、足部の形態変化は足部を構成する筋肉や靭帯の弱化为原因とされている。よって、外反母趾が引き起こす筋力低下は足部の形態変化を引き起こす一因となることが考えられる。

本研究では、外反母趾群と分類した対象者は第

1 趾足角度で判断したため,一般的に外反母趾の症状としてみられる痛みや胼胝などはなかった。しかし,若年者において外反母趾の症状はみられないが,第1趾側角度の拡大が筋力に影響していることが確認された。中年以降に数多くみられる外反母趾であるが,若年者においても母趾の変形や筋力低下を認め,自覚症状がなくとも第1趾側角度の増加は外反外反母趾の予備群となり得ることが考えられる。

結 語

外反母趾を伴う足趾は,健全な足趾よりも筋力低下しており,外反角度と足趾筋力との間には負の相関関係を認めた。外反母趾は変形する母趾だけでなく,足趾全体の筋力に影響し,外反角度の増加は足趾筋力を低下させる一因となることを示唆した。

文 献

- 1) 浅井 仁, 奈良 勲, 立野勝彦他. 立位姿勢保持における足指の作用に関する研究. PT ジャーナル 1989; 23 (2):137-41.
- 2) 宮崎昌利. 歩行時における足趾の動きとその役割. 日整会誌 1993;67:606-16.
- 3) 酒向俊治, 杉浦弘通, 平川和生他. 外反母趾が重心動揺に及ぼす影響. 靴の医学 2007;21:113-6.
- 4) 杉浦弘通, 酒向俊治, 太田清人他. 試作足趾筋力測定器による足趾筋力の測定. 靴の医学 2009;23:62-5.
- 5) 杉浦弘通, 酒向俊治, 廣渡洋史他: 足関節の角度変化が足趾筋力に及ぼす影響. 靴の医学 2010;24:129-32.
- 6) 鈴木隆雄他. 足と歩行. 足の事典. 第4版. 山崎信寿編. 東京:朝倉書院;2007.25-6.
- 7) Michaud TC. 臨床足装具学. 第1版. 東京:医歯薬出版;2005.58-70.
- 8) 松本直子他. 第一趾側角と足部の形態的特徴との関係について. 「靴の医学」 2000;14:8-11.
- 9) 杉浦弘通他. 女性高齢者の外反母趾と足底の特徴. 「靴の医学」 2007;21:28-31.

外反母趾のウィンドラスメカニズム

The windlass mechanism of hallux valgus

¹⁾白十字病院 リハビリテーション科

²⁾白十字病院 整形外科

¹⁾Dept of Rehabilitation, Hakujuji Hospital

²⁾Dept of Orthopaedic Surgery, Hakujuji Hospital

田村 孝広¹⁾, 井上 敏生²⁾

Takahiro Tamura¹⁾, Toshio Inoue²⁾

Key words : ウィンドラスメカニズム (windlass mechanism), 外反母趾 (hallux valgus)

要 旨

外反母趾とウィンドラスメカニズムについて2つの研究を行った。研究Ⅰにおいて、外反母趾に対し、徒手で一時的に母趾外反を矯正した場合、ウィンドラスメカニズムに変化があるか検証したが、外反矯正無しで平均 $0.63 \pm 0.33\text{cm}$ 、矯正位で平均 $0.61 \pm 0.29\text{cm}$ 、有意な差は認めなかった。研究Ⅱにおいて、外反母趾に対する理学療法の結果、ウィンドラスメカニズムも含め、第1趾側角、内側縦アーチ高、足把握力、歩行時の母趾に掛かる圧力に改善、向上を認めた。外反母趾には外反変形の矯正だけでなく、理学療法において、足のアーチ形成を促す主眼で、足部全体の機能向上を図ることが重要ではないかと考えられる。

緒 言

我々は第24回日本靴医学会学術集会において、外反母趾群は健常群より母趾他動背屈時のアーチ

高の変化が乏しく、ウィンドラスメカニズムの機能低下が起こっていることを報告した¹⁾。その原因として、母趾外反変形により足底腱膜付着部も偏位するため骨長軸方向の巻き上げ機構が作用しにくくなるのではないかと考えた。その考察を深めるために、本研究目的は、研究Ⅰとして、一時的に外反変形を徒手で矯正した状態、すなわち足底腱膜の付着部の偏位を是正した状態では、ウィンドラスメカニズムが機能し易くなるのかを検証すること。研究Ⅱとして、外反母趾の方にウィンドラスメカニズムが改善するような理学療法（以下、PT）プログラムを作成し、その効果検証を行うことである。

対象と方法

研究Ⅰは、第1趾側角20度以上で、8名14足（女性7名、男性1名）、平均年齢 28.1 ± 3.2 歳、平均第1趾側角 28.4 ± 4.7 度を対象とした。母趾他動背屈時と静止時の内側縦アーチ高の差でウィンドラスメカニズムを表した。股関節 90° 、膝関節 90° 、足関節 0° の椅子座位にて、母趾の他動的な背屈を行う際、外反変形を徒手的に矯正した状態と外反矯正無しの状態でのウィンドラスメカニズムの比較を行った。統計処理には Wilcoxon 符号付順位和

(2011/11/04 受付)

連絡先：田村 孝広 〒819-0025 福岡県福岡市西区石丸3-2-1 白十字病院 リハビリテーション科
TEL 092-891-2511 FAX 092-881-4491
E-mail behappytakanori1009@watch.ocn.ne.jp

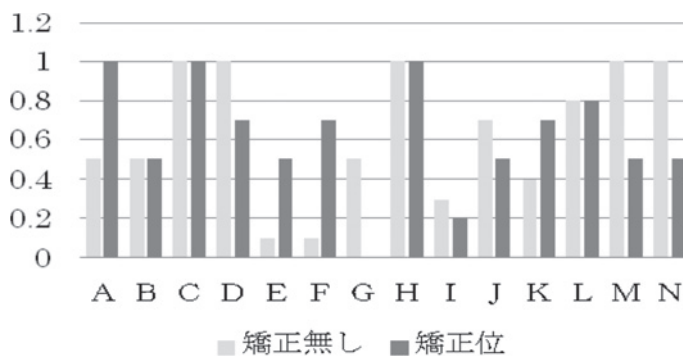


図1. ウィンドラスメカニズムの比較 (cm)

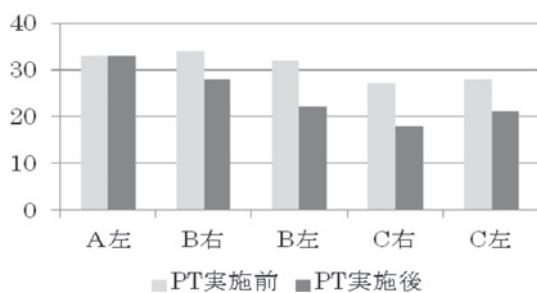


図2. 第1趾側角 (°)

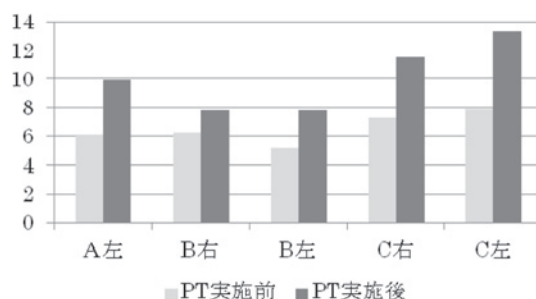


図5. 足把握力 (kg)

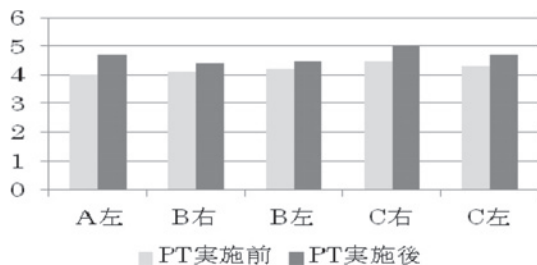


図3. 内側縦アーチ高 (cm)

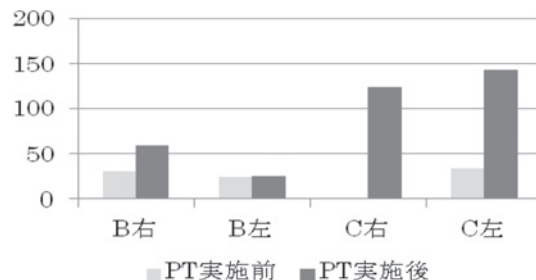


図6. 歩行時母趾に掛かる圧力 (kpa)

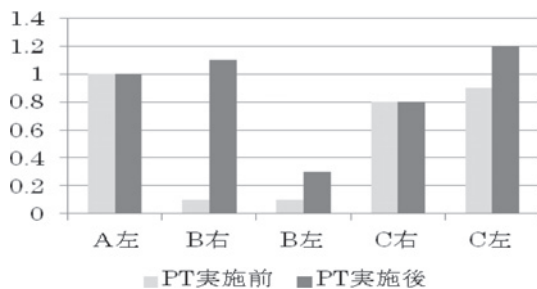


図4. ウィンドラス (cm)

検定を用いた.

研究Ⅱは、第1趾側角20度以上の女性3名5足、平均年齢 26 ± 2.6 歳、平均第1趾側角 30.8 ± 3.1 度を対象とした. PT実施前後に、第1趾側角・内側縦アーチ高・ウィンドラス・足把握力・歩行時母趾に掛かる圧力を測定し、比較を行った. 統計処理にはWilcoxon符号付順位和検定を用いた. 実施したPTプログラムは、Joint mobilization, 運動再教育などを応用したアーチ形成に主眼をおいた

個別アプローチで、週3～4回、2週間実施した。足把握力の測定は、手指用の握力計を使用し、椅子座位で代償が出ないように膝・足関節は90°でしっかりと固定した状態で実施した。歩行時母趾に掛かる圧力の測定には、アイソン社製のGAIT-VIEW使用し、本測定項目のみ、対象者1人を除く、2名4足で実施した。

結 果

研究Iにおいて、外反矯正無しで平均 0.63 ± 0.33 cm, 矯正位で平均 0.61 ± 0.29 cm, ウィンドラスメカニズムに有意な差は認めなかった。(図1)

研究IIにおいて、第1趾側角は平均 $6.4 \pm 3.9^\circ$ の改善, 内側縦アーチ高は平均 0.44 ± 0.18 cmの向上, ウィンドラスは平均 0.3 ± 0.41 cmの向上, 足把握力は平均 3.5 ± 1.5 kgの向上, 歩行時母趾に掛かる圧力は平均 65.8 ± 60.1 kpaの上昇, 有意な差($P < 0.01$)を認めた。(図2～6)

考 察

外反母趾のウィンドラス機能低下に関して、母趾外反変形により足底腱膜付着部も偏位するため骨長軸方向の巻き上げ機構が作用しにくくなるのではないかと考え、今回、研究Iにおいて、足底腱膜の付着部の偏位を是正するように外反変形を徒手で一時的に矯正した状態ではウィンドラス機能の向上を認めるのかを検証した。結果から、一時的に母趾の外反を矯正してもウィンドラスメカニズムに変化が無いことが分かった。

外反母趾の保存療法に関して、佐本らは母趾外転筋の筋力増強運動で手術をしなくても愁訴がなくなる例が多々あることを報告している²⁾。研究IIにおいて、Joint mobilization, 運動再教育などを応

用したアーチ形成に主眼をおいたPTの結果、ウィンドラスメカニズムも含め、第1趾側角、内側縦アーチ高、足把握力に改善を認めた。加えて、歩行時の母趾に掛かる圧力も上昇しており、歩行の際には、母趾の使用が増えているのではないかと考えられる。足部全体の機能、母趾背屈に伴うウィンドラスメカニズムがしっかりと機能することで、歩行時の蹴り出しも安定するのではないかと考えられる。

外反母趾には外反変形の矯正だけでなく、PTにおいて、足のアーチ形成を促す主眼で、足部全体のアライメント調整、足趾・足関節筋力の賦活といった足部全体の機能向上を図ることが重要ではないかと考えられる。

ただ、今回の研究は対象者が若年であり、対象数も少ない。外反母趾は年齢によって、その病態も変わってくるので、今後更なる検討が必要と考えられる。

結 語

外反母趾に対し、外反変形を徒手で一時的に矯正してもウィンドラスメカニズムに改善を認めなかった。アーチ形成を主眼にした理学療法により、ウィンドラスメカニズムに改善、向上を認めた。

文 献

- 1) 田村孝広, 井上敏生. 健康人と外反母趾患者のウィンドラスメカニズムの比較検討. 靴の医学 2010;24.
- 2) 佐本憲宏. 外反母趾に対する保存療法. 足の外科の要点と盲点. 山本晴康編. 文光堂;2006.250-7.
- 3) 清水新悟他. フットプリント上での外反母趾角と内反小趾角の評価検討. 日足外会誌 2010;31(2):35-9.
- 4) Fuller EA. The windlass mechanism of the foot a mechanical to explain pathology. Journal of the American Podiatric Medical Association 2000;90(1):35-46.

サッカー選手における足関節内反捻挫後の足圧中心の経時変化

Changes of the center of foot pressure through time after ankle inversion sprain in soccer players

¹⁾帝京平成大学 地域医療学部

²⁾筑波大学大学院 人間総合科学研究科 スポーツ医学専攻

³⁾帝京平成大学 ヒューマンケア学部

⁴⁾東京医科大学茨城医療センター 整形外科

¹⁾Faculty of Regional Health Therapy, Teikyo Heisei University

²⁾Doctoral Program in Sports Medicine, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

³⁾Faculty of Health Care, Teikyo Heisei University

⁴⁾Tokyo Medical University Ibaraki Medical Center

小林 直行¹⁾, 宮川 俊平²⁾, 吉田 成仁²⁾³⁾, 石井 朝夫⁴⁾

Naoyuki Kobayashi¹⁾, Syumpei Miyakawa²⁾, Naruto Yoshida²⁾³⁾, Tomoo Ishii⁴⁾

Key words : 足関節捻挫 (ankle sprain), 足圧中心 (center of pressure), サッカー選手 (soccer players)

要 旨

足関節不安定性を残存すると足圧中心(COP)は後外側に変位すると報告されているが, 足関節捻挫後の経時的な COP の変化をみた報告はない. 本研究では, 足関節捻挫後の COP の経時変化を検討した.

サッカー選手 59 足を対象とし, 足関節内反捻挫を受傷した 19 足を捻挫群, 対照群として, 足関節捻挫の既往があり不安定性が残存している 20 足を不安定群, 捻挫の既往がない 20 足を健常群とした. 測定は重心動揺計を用いて, 30 秒間の片脚起立を受傷翌日から週 1 回, 8 週間に亘って行なった.

Y 軸では, 後方から徐々に前方へ偏位するが, 健常足より 8 週間後においても後方に位置していた. X 軸では, 徐々に外側へ偏位し 8 週間後には健常群より外側に位置していた.

a) 諸 言

サッカーにおいて足関節捻挫は, 発生率が高い外傷である. 軽度の損傷の場合, 腫脹・疼痛があっても運動を行なえることが多いため, アスレティックリハビリテーションが不十分なまま早期復帰し, 足関節捻挫を再発して不安定性を残存することが多い.

足関節不安定性に対して足底圧を検討した報告では, 歩行時の足底圧は外側が大きい¹⁾, 歩行時の足圧中心 (COP) は外側へ偏位している²⁾と報告されている. ジャンプ着地動作においても, 外側の足底圧が早く増加する³⁾といった報告があるが, これらは陳旧性の足関節不安定性を有している者に

(2011/10/28 受付)

連絡先: 小林 直行 〒290-0193 千葉県市原市うらい
ど南 4-1 帝京平成大学地域医療学部
TEL 0436-74-5278 FAX 0436-74-6179
E-mail kobana@thu.ac.jp

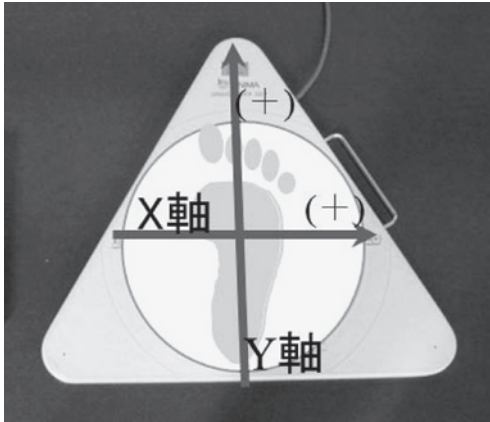


図 1. 重心動揺計の足部の位置と座標軸

対する報告であり、急性足関節捻挫後に COP がどのように変化をするのか検討した報告はない。足関節捻挫後の COP の変化を知ることは、リハビリテーションだけでなく、補装具の作成やシューズの開発に重要であると考えられる。

本研究の目的は、サッカー選手の足関節捻挫後の片脚起立時の COP の経時的変化を検討することである。

b) 対象と方法

男子大学サッカー選手 59 人 59 足 (20.5 ± 1.5 歳, 171.9 ± 4.9 cm, 63.9 ± 4.9 kg) を対象とした。急性足関節内反捻挫を受傷した 19 足を捻挫群、対照群として、足関節捻挫の既往があり、Telos SE により前方引き出し率 23% 以上、距骨傾斜角 9° のいずれかあるいは両方を有し自覚的不安定感を認める 20 足を不安定群、下肢に外傷の既往がない 20 足を健常群とした。

なお、捻挫群 19 足では、初回の足関節捻挫が 1 足で、18 足は足関節捻挫の既往がある再発例であった。捻挫群の復帰までの平均日数は 24.2 ± 0.8 日であった。

測定は重心動揺計(GS-10 アニマ社製)を用いて、捻挫群には受傷翌日から週 1 回、8 週間に亘って行った。対照群には 1 度の測定のみとした。測定方法は重心動揺計上に開眼、裸足の状態で上肢を前胸

部で組ませ、一方の下肢の膝関節を屈曲した姿勢をとらせ、対象者の眼の高さで、3m 前方の壁に取り付けられた視標を注視するよう指示し、30 秒間の片脚起立を行った。座標軸を統一するため重心動揺計の Y 軸に第 2 中指と踵骨の中心が結ぶ線を合わせ、X 軸に舟状骨結節を合わせ中心点を 0 とした。左右の足により X 軸が異なってしまうため、Y 軸との交点から外側方向を +、内側方向を - として表した。(図 1)

分析には、COP を 3 回測定し、平均値を測定値として採用した。COP の経時的検討として、健常群と不安定群との各週との差、受傷翌日と各週との差を多重比較検定した。なお、統計処理の危険率は 5% 未満とし、10% 未満を有意傾向として表した。

c) 結 果

Y 軸の捻挫群の COP は、徐々に前方へ偏位し、捻挫群と健常群の各週および不安定群と健常群に有意な差を認めた ($p < 0.05$)。捻挫群の受傷翌日と各週との間には有意差は認めなかった。(図 2)

X 軸の捻挫群の COP は、徐々に外側へ偏位していたが、受傷翌日と各週との差には有意差は認めなかった。捻挫群の 8 週間後と健常群にのみ有意傾向を認めた ($p = 0.08$)。そのほか、不安定群と健常群において有意差は認めなかった。(図 3)

d) 考 察

捻挫群の Y 軸の COP では徐々に前方へ移動し、8 週間後の COP においても健常群より後方に位置していた ($p < 0.05$)。足関節捻挫では疼痛による逃避性跛行と背屈制限に関連性を認める⁴⁾といった報告があるが、急性期に健常群より後方に COP が位置していた理由として、急性期では外果部周囲の疼痛や背屈制限のために前方に荷重がかからず、後方荷重になっている可能性が考えられた。スポーツパフォーマンスの発揮には、足趾に荷重がかかることが重要であるが、8 週間後においても COP は健常群より後方に位置していたことから、足関

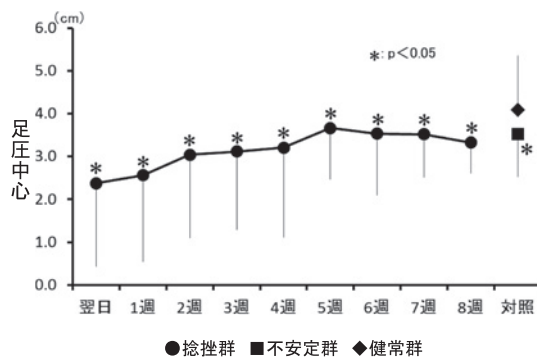


図2. Y軸のCOPの経時変化

捻挫群と健常群の比較において受傷翌日から8週間後まですべての週において有意差を認めた ($p < 0.05$). 不安定群と健常群においても有意な差を認めた ($p < 0.05$).

節捻挫受傷後には足趾に力が伝達するような足底挿板やりハビリテーションを行う必要性が考えられた。

捻挫群のX軸のCOPでは徐々に外側に偏位し、最終的なCOPは、健常群より外側へ位置していた ($p = 0.08$)。本研究では足関節内反捻挫を対象としており、初期では受傷部位である外側への荷重を避けていたのではないかと考えられた。動的な歩行動作のCOPをみた報告では、足関節不安定性を有する者のCOPは、外側へ偏位している²⁾。外側靱帯の機能不全などにより足関節機械的不安定性が残存し外側接地となるのか、位置覚異常などの足関節機能的不安定性によりCOPが外側に偏位するのか、その原因は不明であるが、足関節捻挫を受傷することによりCOPは外側へ偏位していく可能性が考えられる。そのため足関節捻挫の再発予防では、内側方向へCOPを移動させる足底挿板や位置覚を獲得するためのバランストレーニングなどが必要であると考えられた。

本研究では、初回の足関節捻挫が1足のみで、18足は足関節捻挫の既往を有する再発例であった。大学年代以上のサッカー選手では、足関節捻挫の既往がない者が少なく、最終的なCOPの位置が足関節捻挫によるものなのか、本研究の受傷前から外側に偏位しているのか明確でない。今後は、初

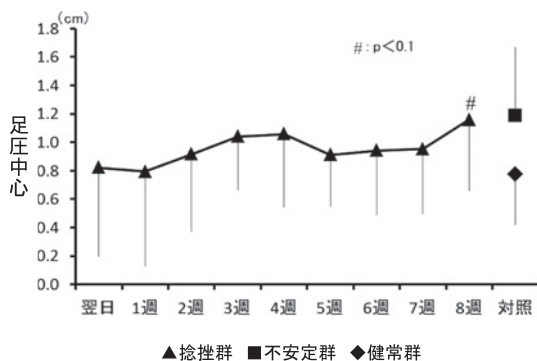


図3. X軸のCOPの経時変化

捻挫群と健常群の比較では、8週間後に有意傾向 ($p = 0.08$) となった。不安定群と健常群では有意差は認められなかった。

回の足関節捻挫に対して同様の検討をする必要がある。

e) 結 論

サッカー選手の急性足関節捻挫受傷足に対し片脚起立時の足圧中心の経時的変化を検討した。足関節内反捻挫後の足圧中心は、Y軸では、後方から徐々に前方へ偏位するが、8週間後においても健常足より後方に位置していた。X軸では、徐々に外側へ偏位し8週間後には健常群より外側に位置していた。

文 献

- 1) Nyska M, Shabat S, Simkin A, et al. Dynamic force distribution during level walking under the feet of patients with chronic ankle instability. Br J Sports Med 2003; 37: 495-7.
- 2) Nawata K, Nishihara S, Hayashi I, et al. Plantar pressure distribution during gait in athletes with functional instability of the ankle joint: preliminary report. J Orthop Sci 2005; 10: 298-301.
- 3) 宮川俊平, 白木 仁, 向井直樹他. 足関節不安定性をもつスポーツ選手における着地動作の足底圧分布. 筑波大学体育科学系紀要 2006; 29: 77-86.
- 4) Crosbie J, Green T, Refshauge K. Effects of reduced ankle dorsiflexion following lateral ligament sprain on temporal and spatial gait parameters. Gait Posture 1999; 9: 167-72.

40 歳以降の第一趾側角にみる性差

Gender difference in first phalangeal angle after age 40

¹⁾学校法人 専門学校 名古屋医専

²⁾株式会社アサヒコーポレーション

³⁾岐阜大学大学院

¹⁾Nagoya Isen

²⁾ASAHI Corporation

³⁾Gifu University Graduate School of Medicine

酒向 俊治¹⁾, 杉浦 弘通¹⁾, 江西浩一郎²⁾, 井奈波良一³⁾

Shunji Sako¹⁾, Hiromichi Sugiura¹⁾, Koichiro Enishi²⁾, Ryoichi Inaba³⁾

Key words : 第一趾側角 (first phalangeal angle), 足型 (sole print), 性差 (gender difference)

要 旨

外反母趾に代表される第一趾の変形は性別を問わずみられるが、変形の程度、発現の時期、左右差など多くの点で相違がある。今回、40 歳以降の成人を対象に第一趾側角を測定した結果、男女ともに 15~20 度未満の群に加齢による上昇はみられず 20 度以上の群のみが増加し、その上昇は女性で 40 歳代から 50 歳代、60 歳代から 70 歳代にかけて有意に段階的に進むことが示された。さらに 0~5 度未満の割合が 10% 未満で男性の約 1/2、10~15 度未満の割合が 40 歳代で男性の約 2 倍であったことから、女性は 40 歳以前の若年期にすでに変形が進んでいることが示唆された。変形予防には若年期、中高年期のそれぞれの時期の背景に合わせた対応の必要性が示唆された。

緒 言

外反母趾の成因の背景には、靴、遺伝、第一中足骨外反、生体力学面、生活環境などの内的要因と外的要因が指摘されている¹⁾。第一趾の変形は、年齢とともに男女の性差なく進むが、その進行度には大きな相違がみられる。高齢者における外反母趾の調査では、女性 (平均年齢 77.8 歳) は男性 (平均年齢 78.1 歳) に比べ約 2 倍存在し²⁾、また成人女性 285 名 (内 40 歳以上 186 名) を対象とした調査では、閉経後の女性に母趾変形が著しいこと³⁾、女性高齢者における前足部には痛みを伴う病変や外反母趾などの変形が多く、過去にハイヒールを履いた経験があること、足に合わない小さめの靴を履いていたことが原因であるとする報告⁴⁾など、外反母趾などにみられる第一趾の変形は、女性に特徴的にみられるとする報告は多い。一方、ヨーロッパの中世後期の富裕階層において、外反母趾は女性より男性に多くみられ、その外的要因として靴の影響が大きいと示唆する報告⁵⁾もある。このように、第一趾の変形をもたらす要因については性別だけではなく生活様式など多くの要因につい

(2011/11/01 受付)

連絡先: 酒向 俊治 〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 4-27-1 学校法人 専門学校 名古屋医専
TEL 052-582-3000 FAX 052-582-0099
E-mail sako.shunji@isen.ac.jp

表 1. 測定者内訳

	40 歳代	50 歳代	60 歳代	70 歳代	(人) 合計
男性	1500	1500	1500	1214	5714
女性	1500	1500	1500	1500	6000
合計	3000	3000	3000	2714	11714



図 1. 足型及び第一趾側角度 (a)

て相互の関連性をみる必要がある。

今回、第一趾の変形において、その原因となる内的、外的要因を探るため、40歳以降の第一趾の変形における性差をみることにより、その変形の推移の特徴が示唆する問題点と対応について検討した。

対象及び方法

2002年から2008年までに測定された足型撮影像より任意に抽出した40歳から79歳の成人11,714人(男性5,714人、女性6,000人)、23,428足を対象(表1)に、得られた第一趾側角(図1)を0度未満、0度から20度未満を各5度間隔に分けた4段階、及び20度以上の6段階に分け、それぞれの角度分類において、10歳階級に分けた年齢層別の変化及び性差をみた。足型測定は株式会社アサヒコーポレーション社製フットグラファーを用いた。第一趾側角分類における各分類の全体に占める割合を算出し、各割合値の世代別、性差、左右差について検討した。各角度分類間の比較には一元配置

分析(Tukey-KramerのHSD検定)を行った。すべての統計処理にはSAS Institute Japan 株式会社製jump.7を用いた。有意水準は5%未満とした。尚、本研究は、対象者に対して研究の目的と内容、個人情報の保護、参加の拒否と撤回などについての説明を行い、すべてにおいて同意を得て行われた。

結 果

左右足の年代別推移を図2に示す。角度分類別の値はすべて%とし、平均値±標準偏差値で示す。

1. 角度分類における年代別割合及び性差について

1) 0度未満

40歳代において、男性では 4.96 ± 1.75 : 2.70 ± 1.10 (右足 : 左足, 以下この順とする)、女性では 0.99 ± 0.75 : 1.04 ± 0.67 を示し、男性は70歳代で 7.94 ± 2.72 : 6.07 ± 2.90 と左右ともに漸増するが、女性では70歳代で 2.66 ± 2.04 : 1.96 ± 1.51 とその割合に変化はみられなかった。いずれの年代においても、男性の方が女性の割合よりも有意($P < 0.05$)に多かった。

2) 0～5度未満

40歳代において、男性では 20.40 ± 3.82 : 15.96 ± 4.15 、女性で 8.20 ± 2.85 : 7.62 ± 2.27 と左右ともに男性との間に5～12%低い割合を示した。この傾向は70歳代までみられた。いずれの年代においても男性の方が女性の割合よりも有意($P < 0.05$)に多かった。

3) 5～10度未満

40歳代において、男性では 38.16 ± 2.84 : 40.03 ± 3.39 、女性では 31.12 ± 5.37 : 27.70 ± 4.12 に始まり、

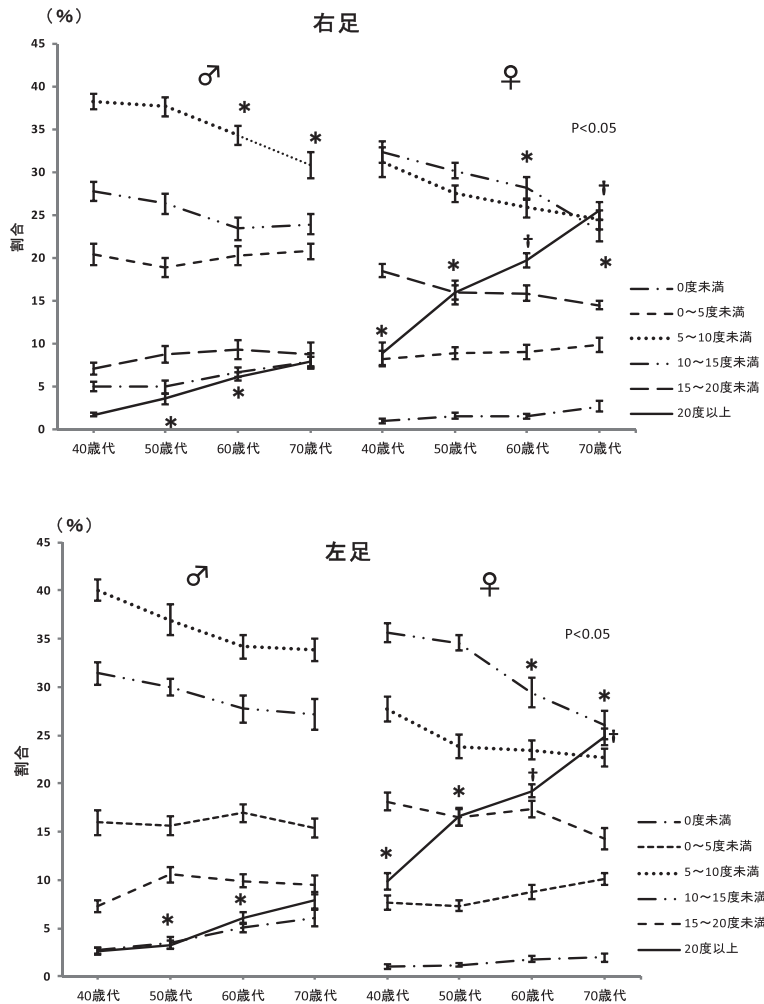


図2. 年代別角度割合推移

年齢とともに低下し、男性の右足において、60歳代から70歳代の間で有意($P < 0.05$)に、女性においても、右足で60歳代と70歳代の間で有意($P < 0.05$)に低下を示した。左右足ともに、いずれの年代においても男性の方が女性の割合よりも有意($P < 0.05$)に多かった。

4) 10~15度未満

40歳代において、男性では $27.74 \pm 3.44 : 31.43 \pm 3.78$ 、女性では $32.36 \pm 4.00 : 35.61 \pm 3.10$ と女性の方が男性より有意($P < 0.05$)に多かった。男女ともに年代とともに低下し、女性では、左右ともに60歳代と70歳代との間で有意($P < 0.05$)に低下した。

いずれの年代においても女性の方が男性の割合よりも有意($P < 0.05$)に多かった。

5) 15~20度未満

40歳代において、男性では $27.74 \pm 3.44 : 31.43 \pm 3.78$ 、女性では $32.36 \pm 4.00 : 35.61 \pm 3.10$ と女性の方が男性より多かった。男女および左右足において70歳代までこの割合に大きな変化はなく、すべての年代において女性の方が男性より有意($P < 0.05$)に多かった。

6) 20度以上

40歳代において、男性では $1.72 \pm 0.73 : 2.59 \pm 1.20$ 、女性では $8.83 \pm 4.07 : 9.88 \pm 2.72$ と女性の方が男性

より多く、男性では50歳代と60歳代との間で有意($P<0.05$)に増加した。女性では40歳代と50歳代、60歳代と70歳代のそれぞれの間で有意($P<0.05$)に増加を示した。すべての年代において女性の方が男性より有意($P<0.05$)に多かった。

2. 角度分類別の左右差について

男女ともに、10度未満の群で右足の割合が多く、10～15度未満の群で左足の割合が多く、15度以上の群では左右差はみられない傾向を示した。男性の40歳、60歳、70歳代における0～5度未満の群で有意($P<0.05$)に左足より右足の割合が多く、40歳、50歳、60歳代における10～15度未満の群で有意($P<0.05$)に右足より左足の割合が多かった。女性では50歳代において、5～10度未満の群で有意($P<0.05$)に左足より右足の割合が多く、10～15度未満の群で有意($P<0.05$)に右足より左足の割合が多かった。

考 察

本研究の目的は、40歳以降の男女における第一趾側角を6段階の群に分け、年代別の推移の性差を見ることにより、外反母趾などの第一趾の変形がどのように進むかを検討することにある。軽度の外反母趾の基準とされる第一趾側角15度以上の群では男女ともに15～20度の割合は増えておらず、20度以上の割合のみに増加がみられ、特に女性において、40歳代から50歳代、60歳代から70歳代との間で有意に増加が示されたことにより、外反母趾にみられる変形は20度以上の割合が増えることによることが明らかとなった。40歳代での特徴として、女性は男性に比べ、0～5度未満の群が約1/2であること、5～10度未満の群が約10%低いこと、10～15度未満の群は約5%と低いこと、15～20度未満の群が約2倍であることなど、すべてにおいて有意に差がみられたことから、若年期の段階で変形がすでに進んでいることが示唆された。また、特に50歳以降10～15度未満の割合の低下が年齢とともに進み、20度以上の割合が増えることから10～15度未満の割合をいかに減少させるかが

課題として提議された。本研究の結果は、40歳以降の第一趾側角の変形は女性に特徴的であるとする多くの報告を支持する結果となった。

左右差における性差では、左右足ともに10度未満の群で男性が、10度以上の群で女性の方が有意に多く、中高年におけるどの世代においても女性の変形が進んでいることが示された。また、男女問わず10度未満で右足の割合が左足より多く、10～15度未満の群よりそれ以上の群でその割合は逆転した。女性では加齢による足部形状の変化は左足の方が右足より顕著であるとする報告³⁾があるが、本研究において、性別を問わず変形のない群で右足の割合が多く、変形が進むにつれて左足の割合が増えることが示されたことは、左足の変形に対応することの必要性を示唆するものと考ええる。

結 語

40歳以降の男女における第一趾側角をみることで、女性は男性より変形が進み、以下の特徴を持って進むことが明らかとなった。

1. 男女ともに第一趾側角15～20度未満の群に加齢による上昇はみられず20度以上の群のみの増加が示された。

2. 女性において20度以上の群は40歳代から50歳代と60歳代から70歳代にかけて段階的に進むことが示されたことから、母趾の外反変形には、40歳代、60歳代での対応の必要性が示唆された。

3. どの世代においても、10度以上の割合は女性が多く、10度未満の割合は男性が多かった。

4. 男女において、多くは10度未満で右足の割合が左足より多く、10～15度未満の群よりその割合は逆転する。

5. 40歳以降の女性では0～5度未満の割合が10%未満と低いこと、10～15度未満の割合が減少することから、この減少の抑制および5～10度未満の割合を維持することが変形予防への対応を進める上での着眼点と考える。

文 献

- 1) 下枝恭子. 外反母趾成因要素の検討. 靴の医学 1992 ; 6 : 64-7.
- 2) Nguyen US, et al. Factors Associated with Hallux Valgus in a Population-Based Study of Older Women and Men : the MOBILIZE Boston Study. Osteoarthritis Cartilage 2010 ; 18 : 41-6.
- 3) 楠本彩乃, 芦澤玖美, 鈴木隆雄. 日本人成人女性の足部形態の加齢変化. 靴の医学 1995 ; 9 : 95-8.
- 4) Menz HB. Footwear characteristics and foot problems in older people. Gerontology 2005 ; 51 : 346-51.
- 5) Mafart B. Hallux valgus in a historical French population : Paleopathological study of 605 first metatarsal bones. Joint Bone Spine 2007 ; 74 : 166-70.

足部縦アーチの荷重による変化の検討：CT による 3 次元解析

Analysis of longitudinal arch of the foot in weightbearing and nonweightbearing using 3-dimensional computed tomography

¹⁾札幌医科大学医学部整形外科

²⁾帯広協会病院整形外科

¹⁾Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine

²⁾Department of Orthopedic Surgery, Obihiro Kyokai Hospital

木井雄一郎¹⁾, 鈴木 智之²⁾, 渡邊 耕太¹⁾, 寺本 篤史¹⁾, 山下 敏彦¹⁾
Yuichiro Kii¹⁾, Tomoyuki Suzuki²⁾, Kota Watanabe¹⁾,
Atsushi Teramoto¹⁾, Toshihiko Yamashita¹⁾

Key words : 足 (foot), 縦アーチ (longitudinal arch), CT 画像 (Computed tomography), 3 次元解析 (three-dimensional analysis), 荷重 (weightbearing)

要 旨

足縦アーチの荷重による変化を、荷重・非荷重時の足部 CT を 3 次元モデル化することで評価した。対象は足部疾患の既往のない男性 12 例 12 足であった。軸荷重装置を使用し、非荷重時は 2kg、荷重時は体重の 1/3 を片脚に負荷し CT 撮影した。画像解析ソフトを用いて荷重時と非荷重時の 3 次元足モデルを舟状骨で重ね合わせ、arch height index (以下 AHI) を内外側縦アーチについてそれぞれ算出し比較検討した。内側縦アーチの AHI は非荷重時に比べ荷重時に有意に低下したが、外側縦アーチの AHI は非荷重時、荷重時で有意差を認めなかった。本研究結果から、足縦アーチは荷重に対して

内側と外側とで異なる動態を示すことが示された。

緒 言

足は 3 つのアーチ構造 (内側縦アーチ、外側縦アーチ、横アーチ) を有する。縦アーチ構造は歩行時にばねとして働き、蹴りだし力を高めて歩行の効率を良くし、体重移動を円滑にするとされている¹⁾。

画像による縦アーチの評価法としては、X 線写真、足底圧、フットプリントなどの報告がある。しかし、これらの方法は足アーチの 3 次元構造を評価するには限界があり、生体内の荷重によるアライメント変化を正確に評価する方法はいまだ確立されていない。特に、足縦アーチを構成する内側と外側縦アーチの構造を個別に可視化し、それぞれのアーチにおける荷重の影響を研究した報告はない。

筆者らは、以前から荷重条件下に撮影した CT を用いた足アライメント評価方法を研究してきた。

(2011/11/15 受付)

連絡先：木井雄一郎 〒060-8543 北海道札幌市中央区
南 1 条西 16 丁目 札幌医科大学医学部整形外科
TEL 011-611-2111 FAX 011-641-6026
E-mail yuuchiroukii@gmail.com

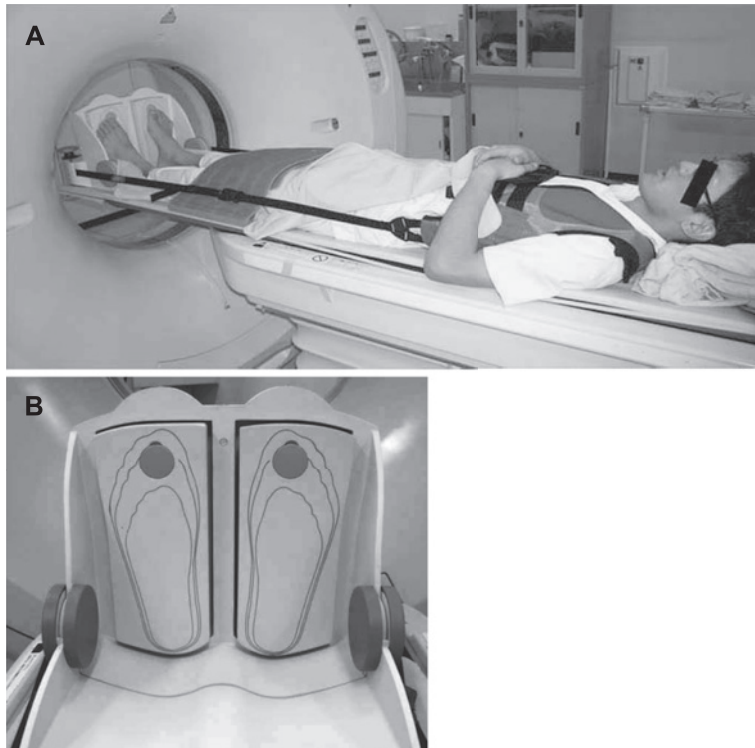


図 1. 軸荷重装置を用いた CT 撮影法

A: 体幹に装着したベストと足台をつなぐバンドを縮めていくことで、仰臥位でも足部に体重を模した荷重が負荷される。

B: 足台の足接地面。足型がプリントされており、撮影肢位の再現性を向上させている。足台には片足ごとに体重計が内蔵されており、加わった荷重が計測可能である。

足の横アーチについては、荷重・非荷重時の足部 CT3 次元モデルを重ね合わせることで横アーチの動態を評価した²⁾。この方法により、従来の計測方法では困難であった横アーチの各レベル（中足骨頭レベル、中足骨基部レベル、楔状骨－立方骨レベル）ごとの荷重による構造的変化を評価することが可能となった。

本研究では、荷重・非荷重条件での足部 CT3 次元モデルを用いて内側と外側縦アーチの荷重による変化を可視化し、定量的に比較検討することを試みた。

対象と方法

対象は足部外傷・障害の既往のない男性 12 例 12

足で、平均年齢は 29.3 歳(26-41 歳)であった。CT 撮影肢位は仰臥位で足関節中間位とした。CT 撮影は脛骨遠位から足趾先端までの 0.5mm スライスで行った。荷重には軸荷重装置(L-Spine, Dynawell 社)を使用し、非荷重時として 2kg、荷重時として体重の 1/3 を片脚に負荷した。荷重時には両脚で体重の 2/3 が負荷された状態で、両足を同時に CT 撮影した。(図 1)

CT 撮影で得られた画像データから、骨表面の輪郭を抽出することにより、骨表面 3 次元モデルを作製した。(図 2)次に画像解析ソフト(3-matic5.01[®], Materialise 社)を用い、荷重時と非荷重時モデルの舟状骨を完全に重ね合わせた。内外側の縦アーチ評価のため、第 1 趾列レベルを内側縦アーチ、

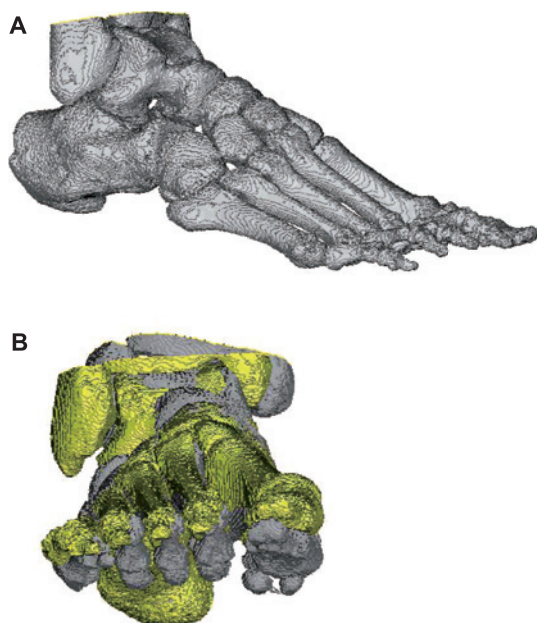


図2. 足の骨表面3次元モデル

A: 非荷重時

B: 荷重・非荷重条件の重ね合わせモデル

(黄: 荷重時, 黒: 非荷重時)

第5趾列レベルを外側縦アーチとし、それぞれの断面図を作製した。(図3) 各レベルにおける断面の決定方法は以下のとおりである。1) 第1趾列レベル: 第1中足骨底側の内側種子骨の最下点と踵骨の最下点を通り床面に垂直な断面、2) 第5趾列レベル: 第5中足骨頭の最下点と踵骨の最下点を通り床面に垂直な断面。各断面における上記の基準となる骨の最下点間の距離を、それぞれのレベルでのアーチ長とした。(図4) また、第1趾列レベルでは舟状骨の最上点からアーチ長の線までの最短距離をアーチ高と定義した。同様に第5趾列レベルでは立方骨の最上点からアーチ長の線までの最短距離をアーチ高とした。

縦アーチの形状(アーチの扁平程度)を評価するために、アーチ長とアーチ高の値を用いて arch height index (AHI) を算出した。これは、アーチ高をアーチ長で除して100倍したものである。内側縦アーチにおけるAHIをmedial longitudinal arch height index (MLAHI)、外側縦アーチにおけるAHI

を lateral longitudinal arch height index (LLAHI) とし、それぞれのレベルで荷重時、非荷重時のAHIを比較した。

統計学的解析には paired *t*-test を使用した。p値が0.05未満の場合に統計学的有意差ありとした。

結 果

可視化された足アーチ構造を荷重と非荷重条件間で比較すると、縦アーチは荷重により扁平化する方向に変化することが観察された。そしてこの変化は、主に舟状骨よりも遠位で生じ、内側でより大きい傾向にあった。(図2) 縦アーチ形状の定量的評価では、MLAHIは非荷重時 $45.4 \pm 1.1\%$ 、荷重時 $40.3 \pm 0.94\%$ で、非荷重時に比べ荷重時において有意に低下した。一方、LLAHIは非荷重時 $30.1 \pm 1.3\%$ 、荷重時 $28.6 \pm 0.93\%$ であり、荷重時と非荷重時の間に統計学的有意差を認めなかった。

考 察

足部のアーチ構造に関する研究のうち、内側縦アーチの評価方法に関しては多くの報告がある。フットプリントはその簡便さと再現性のため、内側縦アーチを評価するのに広く用いられている。Staheli ら³⁾はフットプリントのアーチ部の幅と踵部の幅との比を arch index と定義し、正常足の年齢による変化を評価した。フットプリントについては他の報告者も類似した評価方法を用いているが、計測部位が報告者により様々であり統一した評価基準がない。また、フットプリントはアーチ構造を直接可視化したものではないという限界があった。

X線写真側面像も内側縦アーチを評価するために、様々な角度が定義されて広く使用されている。Saltzman ら⁴⁾はX線写真上での測定は骨性のアーチ構造を明確に描出できることと、再現性が高いことにより、内側縦アーチを表現する gold standard であるとした。しかし、足根骨は複雑に重なりあっているため、2次元の画像であるX線写真では正確な評価が難しく、足部に扁平足などの変形を有

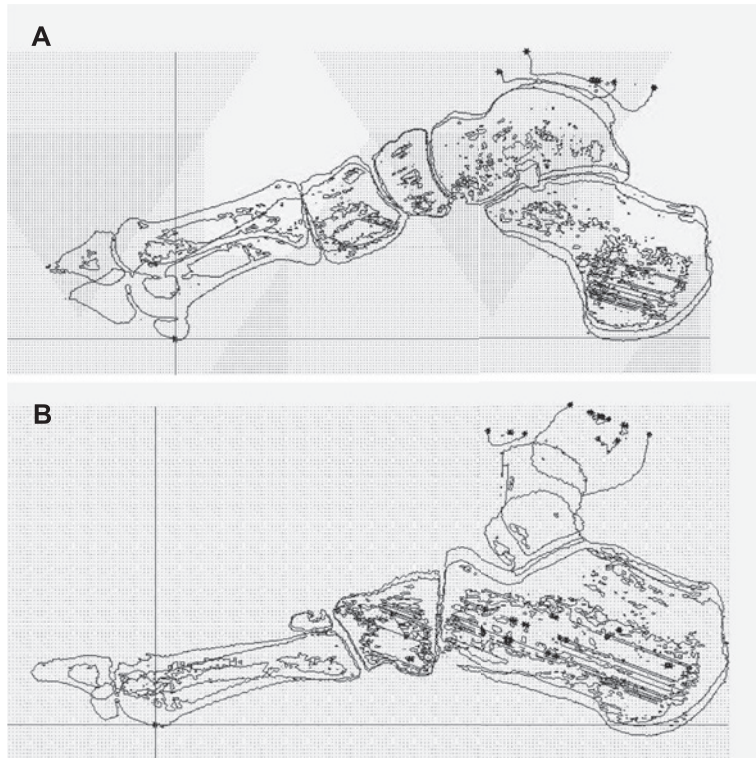


図3. 重ね合わせモデルより抽出した2つの断面

A: 内側縦アーチ

B: 外側縦アーチ

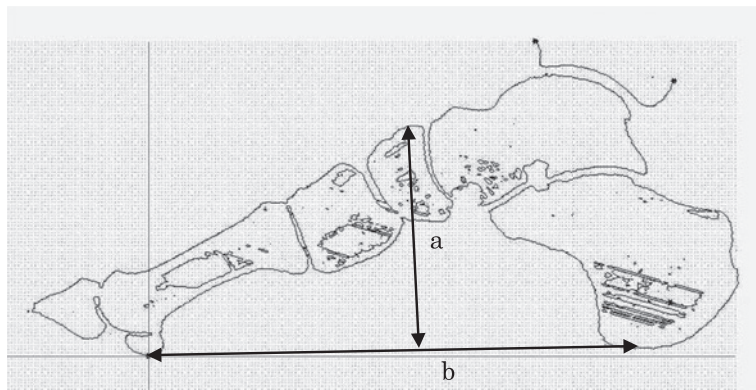


図4. アーチ高 (a) とアーチ長 (b) の計測部位 (図は内側縦アーチの断面)

する場合にはさらに困難となる。また、外側縦アーチでは画像上骨が重なる範囲が広いため、評価法の精密さという点では疑問がある。

Nadir ら⁵⁾は足底圧を計測し、内外側縦アーチの

評価を試みた。しかしこの方法では、直接内外側アーチを可視化しておらず、さらに非荷重時とのアライメント変化をとらえることができない。

以上のように、過去に用いられてきた足縦アー

チ評価の方法には限界があり、荷重によりその構造が変化するという特徴を有する足アーチを正確に評価する方法は確立されているとはいえない。本研究では、荷重・非荷重の足部 CT3 次元モデルを舟状骨で重ね合わせることで、内外側縦アーチの動態を可視化した。これによって同一個体における生体足の荷重・非荷重による変化を、より正確に計測することが可能になった。

Kapandji⁶⁾は荷重により内側縦アーチ、外側縦アーチともに扁平化すると報告した。本研究の結果でも、内外側縦アーチともに荷重により扁平化する傾向を示した。しかし、定量的評価では内側縦アーチは非荷重時に比べ荷重時に有意に扁平化したが、外側縦アーチは荷重時と非荷重時との間に統計学的有意差を認めなかった。この結果は、内側縦アーチは衝撃吸収、外側縦アーチは安定した荷重支持というように、荷重に対する主な役割が内外側で異なっていることを示唆すると考えられた。

本研究の限界として、CT 撮影時の荷重の方法を荷重装置を用いた仰臥位としたため、生理的な荷重条件とは異なる可能性があり、今後の検証が必要である。

本研究で用いた方法を応用することで、内外側縦アーチに変化をきたす種々の疾患の病態解明や、より有効な治療法の開発に対して有用な情報を提供することが可能になると考えられた。

結 語

1. 非荷重・荷重条件 CT データから作製した 3 次元足モデルを用い、生体足の荷重による縦アーチ変化を評価した。
2. 内側縦アーチは荷重によって統計学的有意に扁平化したが、外側縦アーチは有意差はなかった。
3. 足縦アーチの荷重に対する主な役割が、内外側で異なっている可能性が示唆された。

文 献

- 1) Michael S, Pinzur MD. Biomechanics of the foot and ankle. Orthopaedic Knowledge Update Foot and Ankle 2008; 4: 3-13.
- 2) 木井雄一郎, 鈴木智之, 渡邊耕太他: 足部横アーチの評価とその荷重による変化: CT による 3 次元解析. 北整災誌 2011; 53: 91-4.
- 3) Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. J Bone Joint Surg. 1987; 69-A: 426-8.
- 4) Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. Arch Phys Med Rehabil. 1995; 76: 45-9.
- 5) Nadir Y, Erdinc E, Ulunay K. Evaluation of the medial longitudinal arch: a comparison between the dynamic plantar pressure measurement system and radiographic analysis. Acta Orthop Traumatol Turc. 2010; 44: 241-45.
- 6) Kapandji A. L. 足底円蓋. カバンジー機能解剖学 II 下肢. 医師業出版: 2010. 236-61.

特別講演

古代の履物の様相—日韓の履物文化の比較—

The aspects of ancient footwear

奈良県立橿原考古学研究所

Archelological institute of Kashihara, Nara Prefecture

本村 充保

Mitsuyasu Motomura

Key words : 木製履物 (wooden footwear), 草履 (straw sandals), 開放性履物 (opened footwear), 閉塞性履物 (closed footwear)

1. はじめに

「衣食住」という言葉は、人間が文化的生活を営む上で欠かすことのできない、基本3要素を一言で表現した言葉である。考古学が歴史学の一分野として、人間の社会生活の痕跡を、遺跡・遺構・遺物などの分析を通じて研究する学問であるとするならば、「衣食住」に関する研究は、考古学の研究対象として、本来欠かすことのできない要素であるといえる。このため、住居址という形で遺構が確認できる「住」や、貝塚を中心として出土する獣骨などの食料残滓としての遺物があり、花粉分析・種実同定などの分析が可能な「食」は、これまでも様々な検討がなされており、研究成果が蓄積されてきた。それに対し、「衣」は遺構としても、遺物としても、その痕跡が残りにくいいため、必ずしも十分な研究がなされてきたわけではないと言わざるを得ない。ただ、「衣」は多くの先賢が指摘するように、単なる生活の道具としてではなく、それを纏う人物の社会的地位を象徴し、時代

によっては厳格に規定されていたことが知られている。つまり、「衣」を研究するということは、単にある国・ある時代における「服飾」の趣向を知るだけではなく、その「服飾」を採用した政治的・社会的・文化的背景を明らかにするというところに他ならない。

このような前提のもと、筆者は「衣」を構成する一要素である「履物」を取り上げ、日本の代表的履物の一つである「下駄」の様相を検討してきた。「衣」を研究する第一歩として「下駄」を選んだのは、日本においては出土量が多く、かつ、時代的・地域的偏差が比較的小さく、研究対象として非常に有効であると考えたことによる。その成果として、日本の下駄は、古墳時代中期ごろまで出現期がさかのぼり、中世には一部の都市遺跡で履物として普及し始めること、そして近世にいたって、一般庶民層の履物として一気に普及・定着していくことを明らかにしてきた。また、この研究を進める過程で、韓国においても、木製履物が考古資料として確認できるのは、三国時代頃にさかのぼり、日本の下駄の出現期とほぼ同時期であることがわかってきた。しかし、ここで改めて説くまでもなく、出現期以降の日本の下駄の受容状況と、韓国の下駄の受容状況には、大きな差がみられる。このような大きな違いが生じたのは、単に

(2011/11/01 受付)

連絡先: 本村 充保 〒634-0065 奈良県橿原市畝傍町
1 番地 奈良県立橿原考古学研究所
TEL 0744-24-1101 FAX 0744-24-6747
E-mail m.mitsuyasu1118@hotmail.co.jp

下駄に対する趣向のみに要因が求められるのではなく、何らかの文化的背景が存在すると考えられる。そこでここでは、まず、日韓両国の出現期の下駄の様相を整理し、それぞれがどのような関係にあるのかを明らかにすることを目的とする。そのうえで、出現期以降の両国の受容状況の違いが、どのような背景のもとに生じたのかを検討してみたい。

2. 下駄の部位名称と形態的特徴

a. 各部の名称

ここでは、下駄各部の名称について簡単に紹介する。

台板：足を乗せるための本体部分。このうち、足に触れる面を台表、地面に向く面を台裏という。

歯：台裏につけられた板状の部分。通常、前後2ヶ所につけられる。爪先側につけられたものを前歯といい、かかと側につけられたものを後歯という。

壺穴：鼻緒を通すために、台板にあけられた穴。このうち、爪先側にあけられたものを前壺といい、かかと側にあけられたものを後壺という。

b. 主な形態的・構造的特徴

ここでは、下駄の形態的・構造的特徴を簡単に紹介する。

構造：台板と歯が一木で作られるものを連歯下駄といい、別材で作られるものを差歯下駄という。古代以前の下駄は、若干の例外を除き、基本的に連歯下駄のみがみられ、中世以降に徐々に差歯下駄が増加していくという傾向がある。

平面形：台板の長辺・短辺のいずれかが、丸みを帯びた形に作られたものを小判形といい、ともに直線的になるものを方形という。中世以前の下駄は、小判形が多く、近世以降は、方形が多くなるという傾向がある。

前壺の位置：前壺が台板の長軸の中軸線からみて、どの位置にあけられているのかをみたもの。中軸線上に前壺が位置するものと、中軸線から大きくはずれ、右ないし左に偏るものがある。古

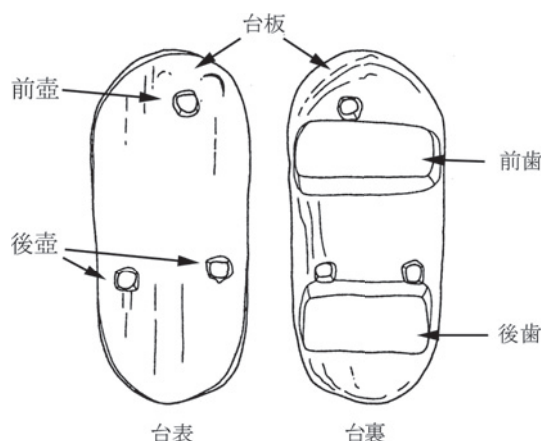


図1. 下駄各部の名称

代以前の下駄は、左右どちらかに偏るものが多くみられるが、中世以降にほとんどみられないという傾向がある。ちなみに、前壺が右によるものは左足用、左によるものは右足用である。

歯の側面観：台板の長軸側の側面から歯をみたとき、台板に対して歯がどのようにつけられているのかをみたもの。台板と垂直につけられるものと、山形に開くようにつけられるものがある。なお、後者には歯全体が「八」字状に開くものと、歯の内側のみが山形に開くものがあり、歯全体が「八」字状に開くものは、若干の例外を除き、7世紀以前の下駄にみられる形態的特徴となっている。古い時期のものほど山形に開くものが多いが、時期が降るにつれて、垂直につけられるものが増加するという傾向がある。

台板と歯の関係：台板の横幅と歯の横幅の関係が、どのようになっているのかをみたもの。台板の横幅より歯の方が広いもの、ほぼ同じもの、狭いものの3種類に分けられる。古代以前の下駄は、狭いものが一定量みられるが、中世以降にはほとんどみられなくなるという傾向がある。なお、歯の方が狭いものには、歯全体が台板の横幅より小さく作られるものと、台板と歯の横幅自体はほぼ同じであるが、台板と歯の接合部をわずかに削り、歯の方が狭くなるように段をつけたものがある。

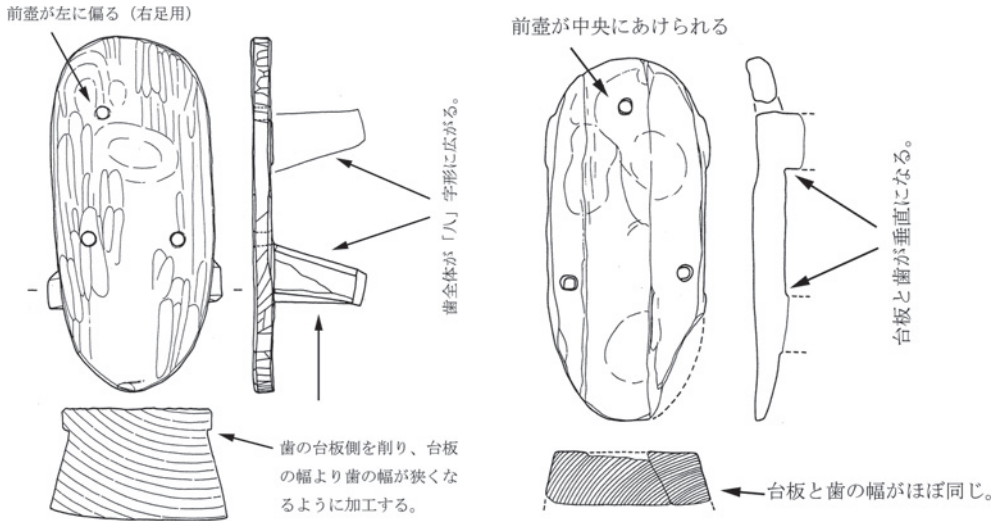


図 2. 下駄の形態的・構造的特徴

3. 日本における古墳時代の下駄の様相

日本においては、弥生時代にさかのぼる下駄の出土は知られていないので、出現期は、古墳時代前期末から中期頃(4世紀末から5世紀代頃)にさかのぼると考えられる。この時期の資料としては、奈良県横田アンバ遺跡・同南郷大東遺跡・長野県榎田遺跡・滋賀県神宮寺遺跡・広島県助平3号遺跡の5遺跡11例がみられる。この時期は資料数が少ないため、分布・形態に関する明確な傾向は、今のところ見いだせない。この状況は、6世紀代になると大きく変化する。資料数も全国で100点以上を数えるほど増加し、出土地も一部地域を除いて、ほぼ全国的に見られるようになる。特に、島根県三田谷I遺跡・三重県六大A遺跡のように、数十点の下駄がまとまって出土するような遺跡が見られるようになることは注目される。以下で、具体的な事例を紹介しながら、その特徴を整理したい。

a. 5世紀代の下駄の様相

・奈良県横田アンバ遺跡

古墳時代前期末と考えられる下駄(奈良県立橿原考古学研究所 2007)で、旧河道から1点出土している。なお、この旧河道の上層には、中世の

遺物が含まれると報告されている。このため、下駄の年代が中世に降る可能性もあり、古墳時代にさかのぼる資料とすべきかどうかは判断が難しい。しかし、下駄は下層から出土しており、供伴する他の木製品に古墳時代のものが含まれることから、下駄も同時期のものと考えておきたい。管見による限りでは、日本出土の下駄としては、最古のものであると考えられる。全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、短辺はやや直線的だが、長辺が丸みを帯びていることから、小判形である。大きさは長さ25.5cm、幅11.1cmである。前壺の位置は、台板の中軸線上にあたり、ほぼ中央にあけられたものといえる。ただ、わずかに左に偏っていることから、右足用であると考えられる。また歯の側面観は、歯の内側のみが山形に開くように作られ、台板と歯の関係は、ほぼ同じになるように作られている。

これらの特徴をみる限りでは、横田アンバ遺跡出土下駄には、古代以前の下駄の特徴がほとんどあらわれていない。ただ、この時期の下駄は、全国的にみて出土点数が少なく、形態的・構造的特徴についても、十分な検討ができていないわけではない。従って、将来的に資料が増加した際には再検討が必要であるが、現時点ではこれも、出現期

の下駄の一樣相を示すものとして考えておきたい。

・奈良県南郷大東遺跡

5世紀前半と考えられる下駄(奈良県立橿原考古学研究所 2003)で、SX03III 上層から1点出土している。全体を一本で作った連齒下駄で、平面形は、欠損のため正確にはわからないが、方形であった可能性が高いと考えられる。大きさは現状で長さ19.0cm、幅11.4cmである。前壺の位置は、台板の中軸線からみて、右側に偏った位置にあけられており、左足用であることがわかる。また齒の側面観は、台板と齒が垂直になるように作られ、台板と齒の関係は、台板の横幅より、齒の横幅が狭くなるように作られている。

これらの特徴にみられるように、南郷大東遺跡出土下駄は、前壺の位置や台板と齒の関係という点で、古代の下駄の形態的特徴がよくあらわれている。この点は、6世紀以降の下駄の変遷を理解するうえで重要な要素であると考えられる。これも、出現期の下駄の一樣相を示すものとして考えておきたい。

・長野県榎田遺跡

5世紀前半と考えられる下駄(長野県埋蔵文化財センター 1999)で、SG2 から2点出土している。ともに、全体を一本で作った連齒下駄で、平面形は、一つは小判形、一つは方形である。大きさは、小判形のものが長さ25.2cm、幅8.6cmで、方形のものが長さ24.6cm、幅9.8cmである。前壺の位置は、ともに未穿孔のため特徴を確認することはできない。なお、後壺も未穿孔であることから、ともに未成品である可能性が高いと考えられる。また齒の側面観は、齒の内側のみが山形に開くように作られ、台板と齒の関係は、ほぼ同じになるように作られている。

これらの特徴を見る限りでは、榎田遺跡出土下駄には、古代以前の下駄の特徴がほとんどあらわれていない。ただ、壺穴が未穿孔であることから、未成品であると考えられ、前壺の穿孔位置によって、その評価は大きく異なることになる。このため、不確定的な評価ではあるが、出現期の下駄の

一樣相を示すものとして考えておきたい。

榎田遺跡では上記の下駄の他に、5世紀後半と考えられる下駄が、SG3 から2点出土している。ともに、遺存状態が悪く、形態的特徴は不明な点が多い。確認できる限りでは、全体を一本で作った連齒下駄で、平面形は、不明である。欠損のため正確な大きさはわからないが、現状で長さ15.3cm、幅9.1cm、長さ22.0cm、幅10.5cmである。前壺の位置は、欠損のため観察ができない。また齒の側面観は、齒の内側のみが山形に開くように作られ、台板と齒の関係は、一方はほぼ同じになるように作られ、他方は台板の横幅より、齒の横幅が狭くなるように作られている。

ともに破損のため、全体的な形状や前壺の位置が確認できないという問題があり、前壺の穿孔位置によって、その評価は大きく異なることになる。このため、不確定的な評価ではあるが、出現期の下駄の一樣相を示すものとして考えておきたい。

・滋賀県神宮寺遺跡

5世紀中葉から6世紀初頭と考えられる下駄(長浜市教育委員会 2004)で、SR01 から1点出土している。全体を一本で作った連齒下駄で、平面形は、右側縁部の一部を欠損しているものの、方形である。欠損のため、正確な幅は不明であるが、現状で長さ24.6cm、幅11.5cmである。前壺の位置は、ともに未穿孔のため特徴を確認することはできない。なお、後壺も未穿孔であることから、ともに未成品である可能性が高いと考えられる。前壺の位置は、未穿孔のため特徴を観察することはできない。なお、後壺も未穿孔であることから、未成品であると考えられる。また齒の側面観は、齒の内側のみが山形に開くように作られ、台板と齒の関係は、台板の横幅より、齒の横幅が狭くなるように作られている。

このように、神宮寺遺跡出土下駄は、榎田遺跡出土下駄と同様に、前壺が未穿孔であることから、確実な評価はできない。ただ、少なくとも齒の特徴を見る限りでは、古代の下駄の形態的特徴があらわれていると考えられる。現時点ではこれも、

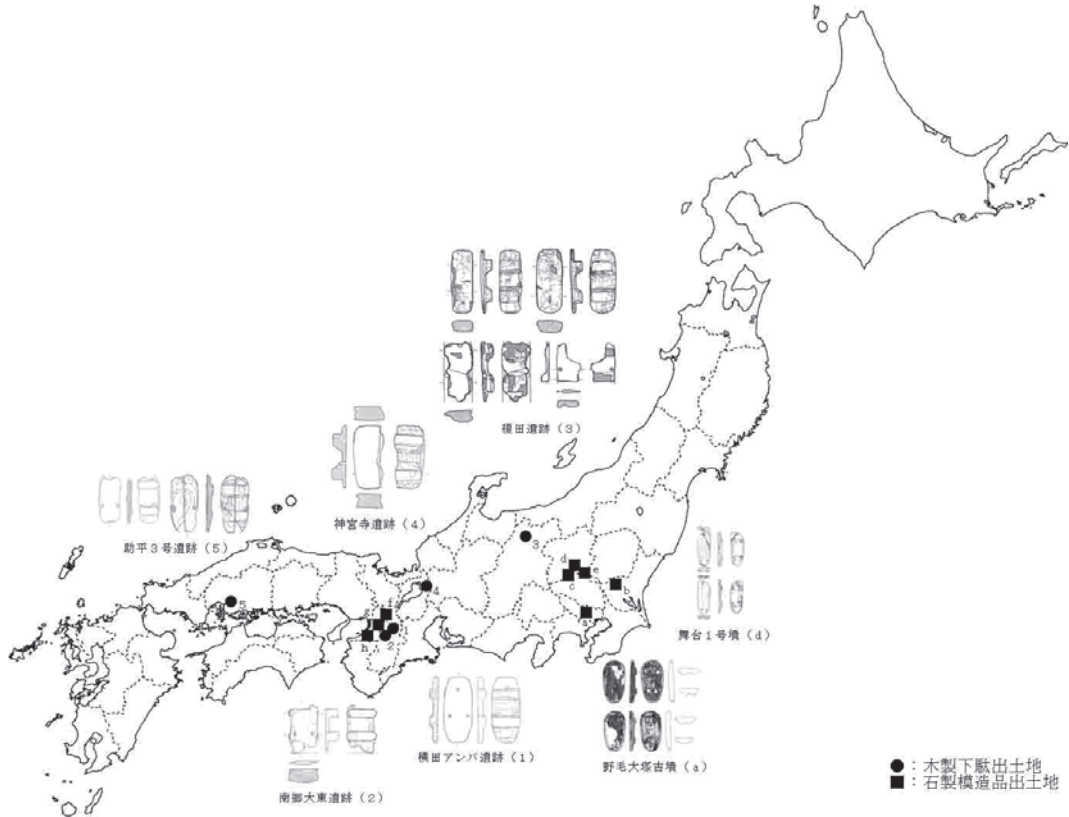


図3. 5世紀代の下駄および石製模造品分布図

出現期の下駄の一樣相を示すものとして考えておきたい。

・広島県助平3号遺跡

5世紀後半と考えられる下駄(広島県埋蔵文化財調査センター 1993)で、自然流路から4点出土している。いずれも部分的に破損しており、遺存状態はよくない。なお、報告書によれば下駄の時期は不明であるとされているが、自然流路が古墳時代の遺物を主体とすること、下駄とは別地点で出土した木製品に5世紀後半頃のものが含まれることから、下駄もほぼ同時期のものと考えておきたい。いずれも、全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、小判形であることが確認できる。大きさは、現状で長さ18.7cm, 8.6cmで、長さ22.6cm, 幅11.0cmである。前壺の位置は、位置が確認できるものは、いずれもほぼ中央に開けられる。また歯を下駄の側面からみたとき、歯の内側のみが山

形に開くよう作られ、台板と歯の関係は、台板の横幅より、歯の横幅が狭くなるように作られるものと、ほぼ同じになるように作られるものがある。

これらの特徴にみられるように、助平3号遺跡出土下駄は、古代以前の下駄の特徴があまりあらわれていない。ただ、いずれも破損が著しく、確認できない点が少なくない。あくまでも、不確定的な評価ではあるが、現時点ではこれも、出現期の下駄の一樣相を示すものとして考えておきたい。

b. 6世紀代の下駄の樣相

・三重県六大A遺跡

古墳時代中期から後期のものと考えられる下駄(三重県埋蔵文化財センター 2000)で、一部の例外を除き、いずれも大溝SD01II層から40点ほどが出土している。供伴する土器には5世紀代のものも含まれるが、6世紀代のものを主体とすることから、6世紀代の下駄であると考えておきたい。す

べて全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、1点方形のものが含まれるが、基本的に小判形であるといえる。前壺の位置は、若干の例外はあるものの、基本的に台板の中軸線からみて、右ないし左側に偏った位置にあげられている。歯の側面観も、若干の例外を除き、基本的に「八」の字状に開くものが主体となる。台板と歯の関係は、ほぼ同じになるように作られるものと、台板の横幅より、歯の横幅が狭くなるように作られるものが共存する。

これらの特徴にみられるように、六大 A 遺跡出土の下駄は、若干の例外は存在するものの、基本的には古代以前の下駄の形態的特徴をよく示しているといえる。

・島根県三田谷 I 遺跡

古墳時代中期から後期のものと考えられる下駄（島根県教育委員会 1999）で、B 区包含層 1 から計 14 点出土している。供伴する土器には 5 世紀代のものも含まれるが、6 世紀代のものを主体とすることから、6 世紀代の下駄であると考えておきたい。1 点の例外を除き、すべて全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、すべて小判形である。前壺の位置は、1 点の例外を除き、すべて右ないし左側に偏った位置にあげられている。歯の側面観は確認できるものは、すべて山形に開くものであるが、ここで出土した下駄の歯は、通常の 2 枚歯のものではなく、台板の前後の木口部分と一体となるものである。基本的にこのような歯の形態は、近世以降の下駄に多くみられるという特徴があるが、それがまとまって出土したという点に三田谷 I 遺跡の独自性がみられる。このため、台板と歯の幅もほぼ同じになるように作られるものが主体となる。

これらの特徴にみられるように、三田谷 I 遺跡出土の下駄は、歯の形態に独自性がみられるという点を除けば、基本的には古代以前の下駄の形態的特徴をよく示しているといえる。

・滋賀県滋賀里遺跡

古墳時代後期のものと考えられる下駄（滋賀県教育委員会 1973）で、計 18 点出土している。す

べて全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、すべて小判形である。前壺の位置は、若干の例外はあるものの、基本的に台板の中軸線からみて、右ないし左側に偏った位置にあげられている。歯の側面観も、若干の例外を除き、基本的に「八」の字状に開くものが主体となる。台板と歯の関係は、ほぼ同じになるように作られるものと、台板の横幅より、歯の横幅が狭くなるように作られるものが共存する。

・愛知県山崎遺跡

古墳時代後期のものと考えられる下駄（田原町教育委員会 1993）で、計 6 点出土している。すべて全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、すべて小判形である。前壺の位置は、若干の例外はあるものの、基本的に台板の中軸線からみて、右ないし左側に偏った位置にあげられている。歯の側面観も、若干の例外を除き、基本的に「八」の字状に開くものが主体となる。台板と歯の関係は、ほぼ同じになるように作られるものと、台板の横幅より、歯の横幅が狭くなるように作られるものが共存する。山崎遺跡で出土した下駄の最大の特徴は、歯の接地面側に山形の切り込みがみられるものが含まれるという点である。この切り込みがどのような意味をもつのかはわからないが、後述する平尾二本杉遺跡から出土した 4 本歯の下駄と通常の 2 枚歯の下駄の中間的な形態である可能性があり、その意義が注目される。

・佐賀県平尾二本杉遺跡

古墳時代後期のものと考えられる下駄（佐賀市教育委員会 2002）で、SK1061 から 1 点出土している。全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、小判形である。前壺は欠損しているようにみえるが、おそらくほぼ中央に開けられていたと考えられる。歯の側面観は、「八」の字状に開き、台板と歯の関係は、ほぼ同じである。平尾二本杉遺跡で出土した下駄の最大の特徴は、歯が通常の 2 枚歯ではなく、4 本歯であるという点である。このような歯をもつ事例は、東京都野毛大塚古墳出土の下駄の石製模造品や上述の榎田遺跡から下駄とも



図4. 6世紀代の下駄の分布図

に出土した木履にもみられる。また、後述する韓国佳洞遺跡からも4本歯の木製履物が出土しており、日韓の出現期の履物の系譜を考えるうえで非常に重要な資料であるといえる。

4. 韓国における原三国時代～三国時代の下駄の様相

韓国国内においては、下駄の出土事例は、ほとんど知られていない。朝鮮時代以降の下駄を除けば、『한국의 고대 목기 (韓国の古代木器)』(국립가야문화재연구소 2008)で紹介されたもので、ほぼすべてであると考えられる。しかし、韓国における下駄の出土資料は、量的には少ないものの、日本の下駄との関係を検討するにあたって、重要な視点を与えてくれる資料が多い。以下で、具体的な事例を紹介しながら、その特徴を整理したい。

・忠南牙山市排芳面所在葛梅里遺跡

供伴する遺物から4世紀頃と推定される水路遺

構から出土した下駄(高麗大専校考古研究所 2007)で、現時点で韓国・日本で知られる下駄の中では、後述する林堂洞遺跡出土下駄とともに、最も古さかのぼる資料の一つであると考えられる。台板のかかと部分の一部を欠損するものの、ほぼ完形であり、全体的な形状および特徴を観察することができる。全体を一木で作った連歯下駄で、平面形は、方形である。長さ24.5cm、幅9.7cmである。前歯の位置は、台板の中軸線からみて、左側に大きく偏った位置にあげられており、右足用であることがわかる。また歯の側面観は、歯の残存高が小さいので正確にはわからないが、台板と歯が垂直になるように作られていたと考えられる。台板と歯の関係は、ほぼ同じになるように作られている。

葛梅里遺跡出土下駄の最も注目される点は、日韓両国出土の下駄のなかでは、最古の事例となる

可能性が高いと考えられることである。その意味で、その形態的特徴がどのようなものであるのかが目される。日本の古代の下駄との共通性が指摘できるのは、前壺の位置が左に偏ってあげられるという点である。日本の古代の下駄の最大の特徴である前壺位置の特徴が共通するということは、両国における出現期の下駄の関係を考えるうえで重要である。一方、それ以外の特徴に関していえば、特に共通性は見出せない。むしろ、共通点は少ないということもできる。このことから、日本の出現期の下駄の形態は、葛梅里遺跡出土下駄の系譜を引く可能性があるが、おそらくそれは直接的なものではなく、間接的なものであったと考えられる。

・慶尚北道慶山市林堂洞所在林堂洞遺跡

供伴する遺物から4世紀前後と推定される住居址に近接する低湿地から出土した下駄(인명선 2005)で、現在、大邱国立博物館に展示されている。完形ではなく、数個の破片の状態で出土しているが、接合した状態で展示されており、ほぼ全体の形状および特徴を観察することができる。全体を一本で作った連歯下駄で、平面形は方形である。正確な大きさはわからないが、長さ25cm、幅10.5cmほどである。前壺の位置は、台板の中軸線からみて、ほぼ中央にあげられる。ただし、少し左に偏っていることから、右足用の履物であったと考えられる。また歯の側面観は、台板と歯が垂直になるように作られ、台板と歯の関係は、一見、ほぼ同じになるように作られているように見える。しかし、台板と歯の連結部を詳しく観察すると、歯をわずかに削っていることがわかる。これは前後の歯の両方で確認できる特徴であり、何らかの偶発的・後発的な事情により削れた、あるいは土圧の影響などの経年変化によって、自然に変形したのではなく、意図的に加工された痕跡であることを示している。つまり、この履物の歯の根元部分は、台板の幅よりも狭くなるように、わざわざ削られたと考えられる。

さらに、注目すべき特徴としては、後壺の位置

と数が挙げられる。林堂洞遺跡出土下駄は、1つの前壺に対し、4つの後壺があり、計5個の壺穴があげられている。特に前壺から遠い方の後壺(以下、後列後壺と呼ぶ)は、後歯の後ろにあげられている。このような位置に後壺をあげることは、前述したように、日本の近世以降の下駄にみられる特徴である。また前壺に近い方の後壺(以下、前列後壺と呼ぶ)は、前歯のすぐ後ろにあげられており、このままでは下駄を履いたとき、十分に足と下駄を固定しづらい。つまり、林堂洞遺跡出土下駄は、日本の下駄とは足と下駄の固定法が異なっていたと考えられる。その方法については、印炳善氏の研究(인명선 2005)によって2種類の可能性が提示されている。それによれば、方法1は、草鞋のような方法で、すべての壺穴に同じような鼻緒をつけ、それに輪状した別の紐を通すというものである。方法2は、前列後壺と後列後壺を交差させて鼻緒を結び、その交点と前壺からだした鼻緒を結ぶというものである。結び方としては、方法1の方が単純であり、履物という意味で用途が共通する草鞋との関係を評価すれば、方法1が採用された理由についても説明がしやすい。ただ、印炳善氏自身も述べているように、林堂洞遺跡出土下駄には、かかと部分に壺穴がなく、かかと部分にかえしがつけられないという問題がある。このため、実際にどちらの方法が採用されていたのかについては、現時点では明確な根拠をもとに説明することはできないとして、最終的な評価を保留している。そこで、日本の下駄の事例をもとに、別の観点で林堂洞遺跡出土下駄の壺穴の特徴について言及しておきたい。

日本の下駄は、壺穴を3個あけることを基本形としている。これは、時期を問わず変化することなく、日本の下駄の普遍的な特徴の一つである。しかし、例外がないわけではない。稀に林堂洞遺跡出土下駄のように、後壺が4個あけられるものが存在する。この場合、2つのパターンがある。一つは、後歯の前ないしは、前後に後壺が4つあけられるものである。これは、もともと後歯の前に

後壺をあけていたが、身体の成長に伴って、履きづらくなったため、後歯の後ろにあげ直したものと考えられる。林堂洞遺跡出土下駄も、このような使用者状況の変化に応じて改造した結果であるとみる考え方である。ただ、この場合、林堂洞遺跡出土下駄は、前列後壺が前歯に沿うようにあげられているため、前により過ぎていて歩行しづらいという問題がある。このため、あくまでも可能性の一つとして提示するにとどめておきたい。もう一つは、前歯側に2つ、後歯側に2つあけられるものである。ここまでは林堂洞遺跡出土下駄とほぼ同じであるが、最も違うのは、前壺も爪先側とかかと側に1つずつあけられているという点である。このような下駄は、もともと、前壺1つ、後壺2つという基本形で使用していたが、主に歯がすり減って履きづらくなるという理由によって、天地を逆転させて履き替え、その際、壺穴も本来の位置と逆転した位置にあげ直したものと考えられる。この場合、印炳善氏も方法1を説明する際に問題だとしているが、林堂洞遺跡出土下駄には、かかと側に前壺に相当する穴がないという点が問題となる。ただ、厳密に言うと、前壺に相当する位置に壺穴がないことが確認されているわけではなく、最も重要な部分が欠損していて、壺穴の有無が確認できないだけであるとみることもできる。林堂洞遺跡出土下駄は、壺穴の位置関係からみて、特殊な方法で足と下駄を固定したのではなく、上記のような履き替えが行われた結果に過ぎないのではないかという可能性を提示しておくこととする。

林堂洞遺跡出土下駄は、葛梅里遺跡出土下駄とともに最古級の下駄であるという点が注目される。台板と歯の関係において、日本の古代以前の下駄の形態的特徴をみることができる。台板と歯の幅の関係において、台板より歯が狭くなるように作られるという点に、日本の古代の下駄との共通性が指摘できるものの、それ以外の特徴に関しては、特に共通性は見出せない。むしろ、共通点は少ないということもできる。その意味で、日本

の下駄との関係については、葛梅里遺跡出土下駄と同様の評価ができるといえる。

・釜山広域市機張郡所在佳洞遺跡

供伴する遺物と遺構の重複関係から5世紀代と推定される低湿地から出土した下駄（울산대학교 박물관 2008）で、周辺では掘立柱建物も確認されており、集落遺跡として評価されている。台板のかかと部分の一部を欠損するものの、ほぼ完形であり、全体的な形状および特徴を観察することができる。全体を一本で作った連歯下駄で、平面形は、足の形にあわせて、中央をわずかに屈曲させた形で、その形状から、右足用の履物であったことがわかる。長さ23.4cm、幅9.3cmである。壺穴に対応する穿孔はみられず、代わりに台板の周縁部に沿うように、9個あけられている。上記の林堂洞遺跡出土下駄も、複数の壺穴があけられているが、これとは壺穴の穿孔状況が明らかに異なっており、複数の壺穴があけられるという点だけを評価して、同じ特徴を示しているとみることはできない。佳洞遺跡出土下駄もどのように足と下駄を固定したのが問題となる。明確な根拠はないが、この穴すべてに紐を通して、それで足と下駄を固定するのではなく、この穴は、台板の台表に草鞋を固定するための紐を通すためのものではないかと考えておきたい。これは日本の下駄にヒントを得て推測したものであるが、このような形態の下駄は、基本的に近世以降にみられるものであり、あくまでも可能性の一つとして提示するにとどめておきたい。なお、台板の縁部全体に壺穴があけられるわけではないが、佐賀県平尾二本杉遺跡から出土した古墳時代中期から後期とされる下駄は、爪先側の一部が欠損しているものの、台板のかかと側には佳洞遺跡出土下駄とよく似た穴があけられている。ただし、両側縁部には穴がみられないなどの相違点も見られることから、確実に類例として評価できるかは、今後の類例の増加を待つ必要がある。

このように、壺穴の形態に大きな特徴がみられるものの、佳洞遺跡出土下駄の最大の特徴は、歯

が通常の2枚歯ではなく、独立した4本の歯をもつという点である。この点が重要であるのは、単に歯の形状が特異であるということではない。このような歯の形状をもつ類例は、韓国内においては他に知られておらず、唯一の事例である。一方、日本においては、上記の平尾二本杉遺跡をはじめ、複数の遺跡で4本歯の下駄が出土している。また、4本歯ではないものの、愛知県山崎遺跡では、2枚歯の接地面側の中央をV字形に彫りこみ、4本歯を意識して加工したとみられる下駄が出土している。さらに注目される点としては、下駄以外の履物でも、4本歯の履物が存在するという点である。榎田遺跡では下駄とともに、木履の底に4本歯をもつものが出土しており、5世紀中葉に築造されたとされる東京都野毛大塚古墳では、副葬品の中に4本歯の下駄形の石製模造品がある。このことから、日本の古墳時代においては、4本歯という歯の形態は、必ずしもイレギュラーなものではなく、履物の歯の形態の一種として認識されていたものと考えられる。問題は、佳洞遺跡出土下駄のような履物の影響を受けて、日本でも同様の特徴をもつ履物が出現したのか、日本の履物の影響を受けて、佳洞遺跡出土下駄のような履物が出現したのかという点である。出土遺物を通じてみれば、出土点数や普及度などの点で、一見、後者の可能性が高いように見える。しかし、この場合、日本の下駄の最も普遍的な形態的特徴である壺穴を3つあけるという形態が、なぜ佳洞遺跡出土下駄ではみられないのか、という点が大きな疑問点として提起される。おそらく実態としては、佳洞遺跡出土下駄のような履物の影響を受け、日本においても履物の歯の一形態として広まったのではないかと考えられる。壺穴の特徴については、日本にはすでに弥生時代から、農具としての田下駄ないしは大足と呼ばれる履物があり、その中には、下駄のように3つの壺穴をあける履物が存在していた。このため、伝統的な履物の製作技法と韓国からもたらされた新しい製作技法を折衷する形で成立したのが、日本の古墳時代にみられる4本歯の履物で

あると考えておきたい。なお、このような形状の歯をもつ下駄は、9世紀までにみられなくなる。

佳洞遺跡出土下駄は、韓国で出土した他の下駄と比べて、非常に特異な形態的特徴をもっており、日本の下駄との関係のみならず、韓国における履物史の中で、どのように位置づけられるのかを知るうえで重要な遺物であるといえる。日本の下駄との関係についてみれば、平尾二本杉遺跡出土下駄のように、その影響をうけたとみられる下駄があり、両国の下駄が密接な関係をもっていたことを明確に示す、架け橋のような履物であるとして高く評価できる。

・忠南扶余郡陵山里陵山里寺址

7次調査で検出された、567年に創建されたとされる寺の創建以前とされる水路から出土した下駄(인명선 2005)である。全体を一本で作った連歯下駄で、平面形は小判形である。日本の古代の下駄は、小判形が一般的であるといわれるが、韓国内で出土した下駄のうち、唯一小判形の形状をもつ例である。ほぼ完形であり、全体的な形状および特徴を観察することができる。長さ24cm、幅9cmほどである。前壺の位置は、台板の中軸線からみて、やや右側に偏った位置にあげられており、左足用であることがわかる。また歯の側面観は、歯の内側のみが山形に開くよう作られ、台板と歯の関係は、ほぼ同じになるように作られている。

陵山里寺址出土下駄は、時期的に出現期にさかのぼるものではないが、百済と日本との交流が活発になる時期であり、それぞれの履物がどのような関係にあるのかを知るうえで重要であるといえる。その意味において、小判形の下駄が出現したことの意義は大きいといえるかもしれない。日本の下駄は、少なくとも6世紀以降中世に至るまで、平面形が小判形となることが大きな特徴となっている。その平面形のみならず、壺穴や歯の特徴などをみると、日本の下駄の形態的特徴とよく似ており、密接な関係にあったことを窺わせる資料であると評価できる。



図5. 韓国における木製履物の分布図

・全北益山市弥勒寺址

寺域の北辺の石築の北側から出土した下駄（文化財研究所遺跡調査研究室 1989）である。伴伴する遺物から6世紀頃と推定される。完形で出土しており、全体の形状および特徴を詳しく観察することができる。全体を一本で作った連歯下駄で、平面形は方形である。長さ19.0cm、幅9.5cmである。日本の下駄にみられるような壺穴ではなく、台板の縁の前・中央・後ろに計6個あけられる。壺穴を台板の縁を巡るようにあけるという点で、佳洞遺跡出土下駄の系譜を引く可能性がある。ただし、壺穴の位置・数、さらに直径がかなり異なることから、佳洞遺跡出土下駄とは、足と下駄の固定法が異なっていた可能性が高い。歯の側面観は、台板と歯が垂直になるように作られ、台板と歯の関係は、台板の横幅より、歯の横幅が狭くなるように作られている。

歯の幅は台板より狭くなっているが、林堂洞遺跡出土下駄とは異なり、歯全体の大きさが台板よりも小さくなっているという点が注目される。弥勒寺址出土下駄の歯がこのような形状になった要因としては、壺穴の位置と深い関係があるとみられる。爪先側とかかと側にあけられた壺穴は、歯との位置関係から、台板の幅と歯の幅が同じであれば、台裏側からみたとき、壺穴が歯を貫通し、接地面側まで達することを意味する。この場合、壺穴に鼻緒を通して履くと、当然のことながら、歩行のたびに鼻緒が地面と直接擦れ合うことにより、鼻緒がすり切れてしまうことになる。これを防ぐためには、歯の接地面側の平面と壺穴の台裏側の貫通点には、少なくとも歩行時に鼻緒が直接地面に触れないようにするための段差が必要となる。下駄の歯の本来的な役割は、この点にあるといってもよい。日本の下駄においても同様の歯をもつ下駄が出土しているが、いずれも6世紀以降のものであり、弥勒寺址出土下駄の系譜につながる下駄である可能性がある。

弥勒寺址出土下駄は、陵山里遺跡出土下駄と同様に、出現期までさかのぼるものではないが、時

期的に日本と百済の下駄の交流を知るうえで重要であるといえる。特に壺穴の特徴に関しては、林堂洞遺跡出土下駄や佳洞遺跡出土下駄が類例になる可能性はあるものの、その評価を確定するためにはもう少し資料の増加をまつ必要がある。仮に弥勒寺址などでみられるような壺穴のあけ方が、韓国の下駄に広くみられる形式であったとすれば、日本では類例となるべき資料が見られないので、このような壺穴のあけ方は、選択的に採用しなかったということの意味すると考えられ、両国における下駄に対する考え方の違いが象徴されている可能性があり、非常に興味深い点であるといえる。

5. 日韓両国の出現期以降の展開とその要因

これまでにみたように、韓国の下駄の出現期は、おおむね4世紀代にさかのぼると考えることができる。現時点では、葛梅里遺跡ないしは林堂洞遺跡出土例が最古の事例になると考えられる。日本の下駄の出現期は、これより遅れ、おおむね5世紀代であると考えられる。中国・北朝鮮における資料調査を行っていないので、確実なことはいえないが、単に時期的に先行する資料であるというだけでなく、日本の古墳時代の下駄との形態的類似性が指摘できることから、おそらく日本の下駄の遡源は、韓国に求められる可能性が高いと考えられる。また、それぞれの出現期にはやや時間差がみられるものの、形態的にはいくつかの点で共通性が指摘できる。一方、その後の展開をみると日本と韓国では大きな差がみられる。いうまでもなく、日本では出現期以降現代に至るまで、日本の履物の代表格といえるほどに発展・普及したのに対し、韓国では出土資料を見る限りでは、朝鮮時代中期以降になって「木履（나무신=ナマクシン）」が散見されるようになる程度である。朝鮮時代中期以降には、「木履」は主に雨天用の履物として履かれたものとされ、その形状も板形の下駄とは異なる。このような差が生じた背景については、様々な要因が複合的に介在するものと考えられ、それを明らかにしていくことは容易ではない。ま

た、限られた資料の中で、十分な検討を行うことは難しいと言わざるを得ない。ここでは、その背景について、可能性があると考えられるものを提示し、将来的な検討の基礎としたい。

一般論として、特定の地域においてどのような履物が趣向されるのかは、地理的環境、言い換えれば、その地域の気候と深く関係すると言われる。具体的には、北方の比較的寒冷で、乾燥した地域では、閉塞性履物(被甲部をもつ履物)が好まれ、南方の比較的温暖で、湿潤な地域では、開放性履物(被甲部をもたない履物)が好まれるという傾向があるとされる。常識的に考えても、寒さから足を守るために、閉塞性履物が北方系の人々の履物として好まれ、暑さから足に熱がこもるのを避けるため、開放性履物が南方系の人々の履物として好まれたというのは、妥当な説であるといえる。実際、韓半島の状況を見ると、韓国と北朝鮮では考古学的な調査体制に大きな差があり、一概には言えないが、南方の百済・新羅地域では下駄や草鞋の出土が知られているが、北方の高句麗地域ではこれらの出土事例は知られていない。反面、高句麗地域では、壁画古墳に描かれた人物が履いている履物の状況から、この時期にはすでに閉塞性履物が広く浸透していたと考えられる。高句麗地域で下駄や草鞋の出土事例が知られていないということが、どの程度、当時の実態を反映しているのかわからないため、確実なことはいえないが、おそらく高句麗地域では、北方系の閉塞性履物が広く浸透しており、下駄や草鞋などの開放性履物は、単に出土事例が少ないだけではなく、実際ほとんど浸透していなかったという状況を反映するものではないかと考えられる。百済・新羅地域では、下駄や草鞋の出土が知られていることから、一部でこれらの開放性履物が受容されていたことは間違いないと考えられるが、その後の木製履物の展開を見る限りでは、開放性履物に対する趣向が強かったとは考えられない。むしろ、高句麗同様、閉塞性履物に対する趣向が潜在的に強かったことを意味するのではないかと考えられる。日本



写真 1. 韓国の木履 (나막신 = ナマクシン)

も三国中、特に百済との関係が深かったことが知られ、実際の出土事例にも木履があるように、閉塞性履物に対する知識を欠いていたわけではない。しかし、日本の下駄・木履の古墳時代以降の展開・受容状況をみれば、明らかに開放性履物に対する趣向が強かったと考えられる。ごく大まかにいえば、最も北側に位置する高句麗地域では、北方系の閉塞性履物が好まれ、南側に位置する日本では、南方系の開放性履物が好まれたのではないかと考えられる。中間地域に当たる百済・新羅地域では開放性履物を受容した痕跡はみられるものの、閉塞性履物に対する趣向が強く見出せる、まさに中間的な様相を示していると考えられる。また、日本の古墳時代から古代の遺跡からは、下駄とともに木履が出土することがある。しかし、下駄のその後の普及と比べ、木履はほとんど普及することなく、中世以降の出土事例は知られていない。この点をみても、何でも受け入れたわけではなく、閉塞性履物である木履ではなく、開放性履物である下駄を選択したといえる。一方、韓国では、開放性履物である下駄はいち早く廃れ、閉塞性履物である「木靴(목화=モッカ)」が使われ、その後、朝鮮時代中期以降に「木履(나막신)」が出現したときも、開放性履物ではなく、閉塞性履物の形態であったという点をみても、閉塞性履物に対する趣向が強かったことをみることができる。さらに、



写真2. 韓国の草鞋（趂신=チブシン）

この傾向は木製履物のみにもみられるのではなく、「草鞋（趂신=チブシン）」においてもみられる。日本においては草鞋の出土事例がほとんどないため、主に近世の草鞋から類推するほかないが、日本の草鞋は被甲部をもたないことから、開放性履物に分類される履物であるといえる。これに対し、韓国の草鞋は、時代により大きな形態的差異がみられる。現代の草鞋は、前半部に「신창（=シンチュン）」と呼ばれる覆い部をもち、閉塞性履物に分類される履物であるといえる。しかしこの「신창」は、扶余宮南池遺跡および官北里遺跡で出土した草鞋にはみられない。また、釜山広域市福泉洞 53 号墳に副葬されていた草鞋形土器にも「신창」はみられない。草鞋形土器は福泉洞 53 号墳出土例以外にも数例知られるが、いずれも細部にわたって実物を忠実に表現しようとする意識が強くみられることから、「신창」を表現しなかったのではなく、当時の草鞋には「신창」がなかったことを意味するものと考えられる。つまり「신창」は 6 世紀以降に付加された部位であったと考えられる。このことから、韓国の草鞋は、本来開放性履物であったが、閉塞性履物に対する趣向を反映して、「신창」を付加させ、韓国独自の「草鞋 = 趂신」と



写真3. 福泉洞 53 号墳出土草鞋形土器

して発展していったものと考えられる。下駄と草鞋は、韓国においてともに開放性履物として出現したが、下駄は木を素材とするため、これを閉塞性履物に転換することは大きな手間を要するため廃れ、草鞋は若干の手間は必要とするものの、木製履物よりは容易に閉塞性履物への転換が図れたため、その後一般的な履物として受容されるという差が生じたものと考えられる。

日本と韓国の木製履物に対する受容状況の違いは、別の観点でみれば、素材としての「木」に対する関わり方の違いが影響していると考えられる。それは、遺跡における木製品の出土量の差をみれば、明瞭である。日本では履物に限らず、様々なものを木で作ってきた。日本の文化が「木の文化」といわれる所以の一つである。また、弥生時代前期以来、様々な木製農具を作っているが、農具の一つとして「田下駄」と呼ばれる履物がある。近年、韓国でも低湿地遺跡を中心として木製品の出土が報告されている。出土した鋤・鍬などの農具には、日本の農具と形態的によく似たものがあり、

両者には密接な関係があることが窺えるものの、「田下駄」の出土事例は報告されていない。「田下駄」はあくまでも農具であり、厳密な意味でいえば、歩行用の履物ではなく、台裏に歯をもたないことを基本という点で、「下駄」とは区別されている。その意味で「田下駄」は存在しても、日本の「木製履物」の出現期が弥生時代までさかのぼるという説はみられず、筆者もそうあるべきだと考えている。しかし「歩行用履物」としての下駄が韓国からもたらされたとき、「農具」としての田下駄を作ってきた伝統と経験があったことは、大きな意味があったと考えられる。つまり、下駄という新しい外来文物を受容するにあたって、それを異質なものとして拒絶するのではなく、田下駄とは使用する「場所」と「目的」が異なる別種の履物として、違和感なく受け入れられる下地があったのではないかと考えられる。韓国における下駄の出現が、自生的なものなのか、外来系文物の受容によるものなのかは、現時点では定見をもっていない。しかし、そのいずれであったとしても、木製品自体が少ないという点や、農具である「田下駄」などの「木製履物」が存在しないという点は、出現期以降の下駄の受容・普及において少なからず影響したと考えられる。

6. ま と め

今回、日本と韓国で出土した出現期の下駄を中心としてその様相を整理した。その中で、下駄の出現期は、韓国では4世紀代に、日本では5世紀代に求められること、両者には形態的特徴に共通性がみられ、日本の下駄は韓国の下駄を祖型とする履物である可能性が高いことを明らかにした。

また、出現期以降の日韓両国の下駄の展開状況に大きな差が生じた背景について考察した。その中で、日本と韓国における下駄の受容・普及状況

の差は、気候を背景とした開放性履物と閉塞性履物に対する趣向の違いがあると考えた。この点については、韓国の草鞋の形態的变化が大きな示唆を与えてくれることをみた。また、素材としての「木」との関わり方と、農具としての「田下駄」の有無などが、下駄の受容・普及状況に大きな影響を与えた可能性があるのではないかとした。履物の研究は、その材質の脆弱性から、考古学的な側面からのみのアプローチには限界がある。今後は絵画史料などをふくめたより幅広い視野で研究を進めていくことが重要であるといえる。

文 献

【日本】

- 1) 市田京子.『歴史ノート 古墳時代の下駄』、『日本はきもの博物館だより 28』. 日本はきもの博物館; 1987.
- 2) 潮田鉄雄.『はきもの』. 法政大学出版社; 1973.
- 3) 佐賀市教育委員会.『平尾二本杉遺跡 I』. 2002.
- 4) 滋賀県教育委員会.『湖西線関係遺跡調査報告書』. 1973.
- 5) 島根県教育委員会.『三田谷 I 遺跡 (Vol. 1)』. 1999.
- 6) 田原町教育委員会.『山崎遺跡』. 1993.
- 7) 長野県埋蔵文化財センター.『上信越自動車道埋蔵文化財発掘調査報告書 12』. 1999.
- 8) 長浜市教育委員会.『神宮寺遺跡 (1992 年)』. 2004.
- 9) 奈良県立橿原考古学研究所.『南郷遺跡群 III』. 2003.
- 10) 奈良県立橿原考古学研究所.『横田アンバ遺跡』. 2007.
- 11) 野毛大塚古墳調査会.『野毛大塚古墳』. 1999.
- 12) 広島県埋蔵文化財調査センター.『西条第一土地区画整理事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 (II)』. 1993.
- 13) 本村充保.『遺跡出土下駄の全国集成に基づく編年および地域性の抽出に関する基礎的研究』、『考古学論攷』第 29 冊. 奈良県立橿原考古学研究所; 2006.

【韓国】

- 14) 文化財研究所遺跡調査研究室.『弥勒寺 遺跡発掘調査報告書 I』. 1989.
- 15) 인병선.『한중일 삼국의 고대 나막신 연구』、『文化財』第三十八號 국립문화재연구소 2005.
- 16) 인병선.『VI. 백제 짚신의 특징』、『百濟의 짚신』. 國立扶餘文化財研究所; 2003.
- 17) 울산대학교박물관.『기장 佳洞유적』. 2008.
- 18) 高麗大學校考古研究所.『葛梅里(III 地区)遺跡』. 2007.
- 19) 국립가야문화재연구소.『한국의 고대 목기』. 2008.

足底圧測定からみた足の3点支持

The tripod theory and foot pressure measurement

¹⁾久保田病院

²⁾岡崎整形外科医院

¹⁾Kubota Hospital

²⁾Okazaki Orthopaedic Clinic

早船佳文¹⁾, 早船徳子²⁾

Yoshifumi Hayafune¹⁾, Noriko Hayafune²⁾

Key words : 3点支持理論 (tripod theory), 足底圧測定 (foot pressure measurement), 歩行分析 (gait analysis)

要 旨

足底にかかる荷重については、足の3点支持理論が用いられてきたが、足底圧測定の技術の進歩によって否定されてきている。今後さらなる技術の進歩により足の動態機能が解明されることが期待される。

足の3点支持理論(tripod theory, Die Dreipunkunterstützung)すなわち足に存在する3つのアーチの各交点である、踵、第1中足骨頭、第5中足骨頭の3点で体重を支えているという足の機能についての理論は100年以上前から古典的教科書に記載されている。またこれに従って、歩行時の足底にかかる荷重は踵、第5中足骨頭、第1中足骨頭の順にかかっていくと説明されている。さすがに比較的新しい教科書ではこれにふれているも

のは少ないが、現在でも一部の成書^{6) 7)}にはこれについての記載が残されている。筆者も足についての勉強を始めたころ定説として教わった。

しかし、筆者らはこの3点が同時に体重を支えている状態は実際にあるのだろうかという素朴な疑問を、足底圧の測定を開始した頃感じた。その当時の測定方法は、富士フィルム製の感圧シートを用いたものだったが、得られたサンプルでは、足底の高圧を示す部位は教科書の3点では無いことの方が大多数であった。いわゆる健常者であっても、前足部では第5中足骨頭部よりも第2・3中足骨頭部に高圧のものが多かったのである。しかしながらその時はそれについての検証は行わなかった。

筆者らは1998年Novel社のEMED SF4を用いて、歩行時その他の足底圧測定を行った。これはその当時製品化されたものでは最も進歩した機材であった。この機材を用いての測定でも、いずれの場合においても教科書の3点支持は認められなかった。歩行時における各瞬間の足底圧の画像でも、また静止時の画像でもこの現象は認められなかったのであった。(図1)

(2011/10/24 受付)

連絡先: 早船 佳文 〒315-0022 茨城県石岡市行里川
26-3 久保田病院
TEL 0299-35-5010 FAX 0299-35-5020
E-mail noriko108@hotmail.com

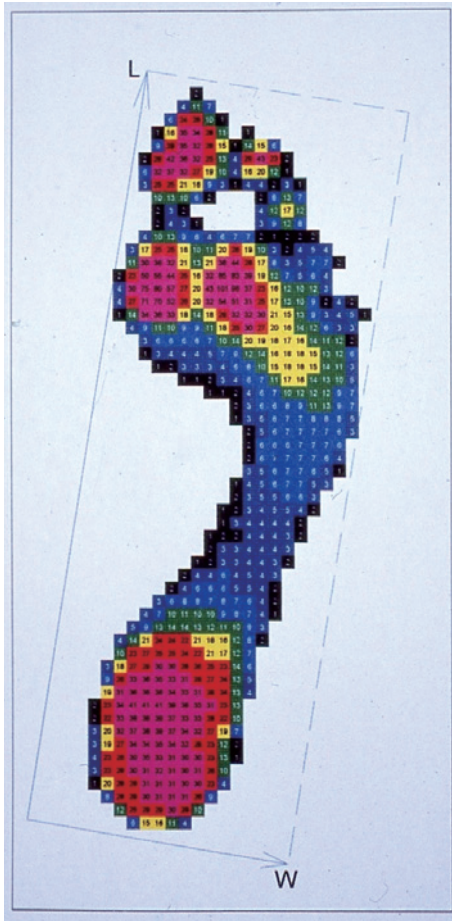


図 1. EMED SF4 system により得られた foot print. (全体像.)

そこで、改めてこの問題を調べてみると、足底圧測定 of 歴史の中でこの現象は繰り返し記述されていた。1882 年には Beely¹⁾が、立位での足型において第 2・第 3 中足骨頭部の高い荷重を報告している。Beely は石膏に自らの足を押しつけ、その陥凹部の深さを測るという方法で足底にかかる荷重を評価し、前足部では第 2・第 3 中足骨頭部が最も深くなることを観察した。彼は片側の足では踵と第 2・第 3 中足骨頭下の 2 点に最も負荷がかかっていること、いわば 2 点支持となっていることを考察している。おそらく彼は 3 点支持と合致しないこの現象の解釈にかなり悩んだらしい。そして、「単独の足では 3 点が接地することにより立位を可能

としている。」のだが、しかし「(左右) 対称的である人体は (両足で) 4 点支持として立位を保っている。」と考えたらしい。

そして、その後足底圧測定を行った様々な研究者が、第 5 中足骨頭より第 2 あるいは第 3 中足骨頭下に高い圧力がかかることを報告している。その中で Morton⁸⁾は 1930 年にフットプリントを使用した足の障害の研究で、第 2 中足骨頭の強い圧力は①第 1 楔状骨と舟状骨の間の laxity, ②第 1 中足骨の短縮, ③種子骨の位置に関する問題などの将来的に問題を起こす足に見られるとしている。つまり Morton は正常で無い足、病因を抱えた足に見られる現象として考えていたと思われる。

しかし、1982 年山本ら¹⁰⁾は感圧フィルムを用いた足底圧測定で、健常成人の代表的パターンは、最大荷重が立位では踵部と第 2MP 関節に存在し、歩行時では第 2・第 3MP 関節と母趾の荷重が増加するとしている。そしてさらに、機器の進歩に伴い、足底にかかる負荷を測定する方法が、より正確で詳細になると 3 点支持を否定する意見がより強化された。

1987 年 Cavanagh ら²⁾はコンピューターを組み込んだ足底圧測定装置を用いた研究を行い、健常者でも前足部では第 2・第 3 中足骨頭部に最も高い圧力がかかることを示し、3 点支持理論を否定している。また日本でも 1990 年多賀ら⁹⁾が EMED システムを用いた足底分圧測定を行い Cavanagh の結論と一致したとしている。

1993 年 Hennig ら³⁾も足底圧測定装置 EMED F01 を用いて足底圧の分布を計測しており、立位でも歩行時でも前足部では第 3 中足骨頭に最も高い圧力がかかることを示してこの理論を否定している。

筆者らの計測でも歩行時の前足部の負荷は荷重 (force)⁵⁾においても圧力 (pressure)⁴⁾においても第 2 中足骨頭下の値が第 5 骨頭下の値よりはるかに高値を示した。

また、歩行時の荷重経過については、筆者らの観察では、多くの例で踵から前足部に荷重を移す際、外側から接地していることが観察された。従っ

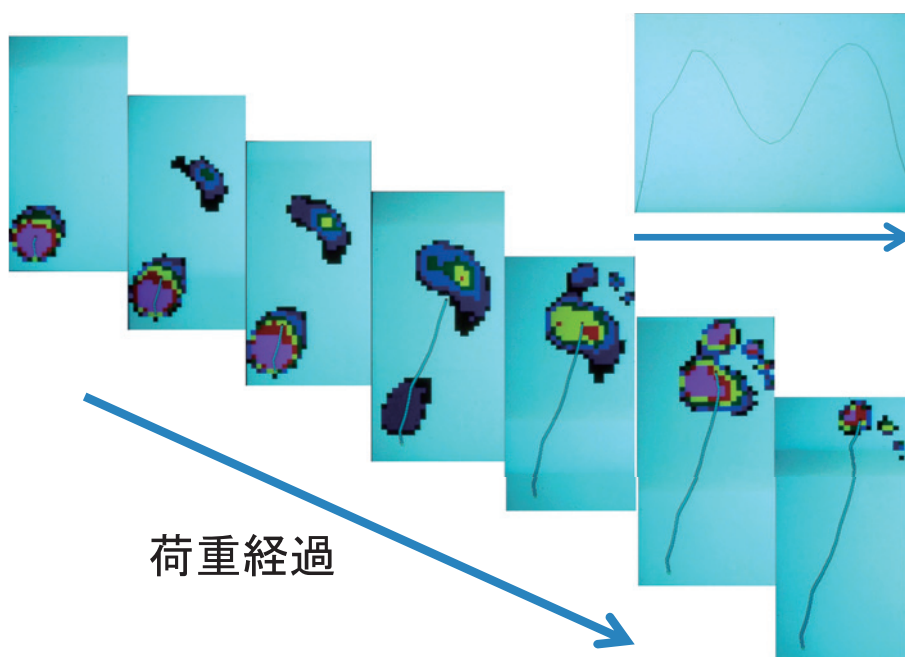


図2. 歩行サイクルの各瞬間での foot print.

て、一見、踵から第5中足骨頭へ、そして第1中足骨頭という荷重の移動は正論のように思われる。しかし、外側に高い圧力がかかることなく第2・第3中足骨頭下に高压部位が出現し、瞬時に第1中足骨頭、母趾へ高压部位が移動していくことが観察された(図2)。このことは、第5中足骨頭部は荷重部位としては大きな役割を持っていないことを示していると考えられる。

しかしながら、足の機能は荷重だけではなく、触圧覚、固有感覚を有するセンサーでもあるので、安定した立位の保持、歩行プロセスのコントロールに不可欠の役割を持つことは当然のこととして考えられ、その視点からの解明が待たれる。

さらに人間は、一定の歩行方法のみ行うわけではないし、前方へ歩行するだけでなく、静止状態からあらゆる方向に移動し、それに従い足は全ての方向の負荷に対応するのであるから、今後研究技術の進歩によりさらなる足の動態機能の解明が進むことが期待される。

文 献

- 1) Beely F. Zur Mechanik des Sthens. Langenbecks Archv fuer klinische Chirurgie 1882; 27: 457-71.
- 2) Cavanagh PR, Rodgers MM. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. Foot and ankle 1987; 7 (5): 262-76.
- 3) Hennig EM, Milani ThL. Die Dreipunktunterstuetzung des Fusses. Z. Orthop 1993; 131: 279-84.
- 4) Hayafune N, Hayafune Y, Jacob HAC. Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait. The Foot 1999; 9: 88-92.
- 5) 早船佳文, 早船徳子. 歩行時の前足部の荷重配分について. 靴の医学 2004; 18 (2): 72-5.
- 6) 石塚忠雄. 新しい靴と足の医学. 第1版. 東京: 金原出版; 1992. 4.
- 7) Kapandji IA. カパンデイ関節の生理学, II 下肢. 萩島秀男監訳. 嶋田智明訳. 東京: 医歯薬出版; 1986. 192.
- 8) Morton DJ. Structural factors in static disorders of the foot. American journal of surgery new series 1930; IX (2): 315-28.
- 9) 多賀一郎, 小島 明, 谷上 信他. Emed-system による足底圧測定について. 日本足の外科研究会誌 1990; 11: 64-6.
- 10) 山本晴康, 星野秋穂, 浅地 徹他. 足底面圧からみた足アーチについて. 整形外科バイオメカニクス 1982; 3: 72-5.