

静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響

The Effect on Gait of the Lack of Ground Connection by the Toes in Standing

長谷川 正哉¹⁾ 島谷 康司¹⁾ 金井 秀作¹⁾ 沖 貞明¹⁾
清水 ミシェルアイズマン²⁾ 六車 晶子³⁾ 大塚 彰¹⁾

MASAKI HASEGAWA¹⁾, KOJI SHIMATANI¹⁾, SHUSAKU KANAI¹⁾, SADAOKI OKI¹⁾, MICHELE EISEMANN SHIMIZU²⁾,
AKIKO MUGURUMA³⁾, AKIRA OTSUKA¹⁾

¹⁾ Prefectural University of Hiroshima: 1-1 Gakuen Machi, Mihara City, Hiroshima 723-0053, Japan. TEL +81 848-60-1225

²⁾ Konan Women's University

³⁾ Kagawa General Rehabilitation Center

Rigakuryoho Kagaku 25(3): 437-441, 2010. Submitted Dec. 10, 2009. Accepted Jan. 15, 2010.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to investigate the foot pressure while walking of people who have floating toe deformity. [Subjects] We chose 20 people with normal toes to participate in the control group and 20 people with toes that were not in contact the floor to participate in the floating toe group. [Methods] We used the F-scan system to investigate the foot pressure in both groups. From these results, we chose the maximum pressure of each toe and the length of the pathway of the center of gravity while walking. [Results] Compared to the control group, the floating toe deformity group showed a decreased maximum pressure in each toe, and the pathway of the center of gravity did not reach the toes. [Conclusion] The people who have a floating toe deformity do not build a base of support. As a result, it is difficult to move the center of foot pressure forward when walking. In addition, people that have a floating toe deformity have concentrated pressure on the plantar metatarsal heads, and, therefore, floating toe deformities can cause foot alignment anomalies.

Key words: floating toe deformity, center of foot pressure, gait

要旨: [目的] 浮き趾が歩行中の足底圧に与える影響について調べることを目的とした。[対象] 健常成人女性104名に対し静止立位時の足趾接地状態の評価を行った結果から、浮き趾群20名および完全接地群15名を実験対象として抽出した。[方法] 浮き趾群および完全接地群に対し歩行中の足底圧の計測を行い、足趾および前足部の荷重量、足底圧軌跡の軌跡長を抽出し比較検討した。また軌跡の特徴を分類し比較検討した。[結果] 完全接地群と比較し浮き趾群では、足底圧軌跡長、足趾荷重量が小さく、足底圧軌跡が足趾まで到達しないことが確認された。[結論] 浮き趾群では足趾による安定した支持基底面の形成ができず、歩行中の重心の前方移動が困難であること、および中足骨頭部に荷重が集中し、足部のアライメント異常につながる可能性があることが示唆された。

キーワード: 浮き趾, 足底圧中心, 歩行

¹⁾ 県立広島大学: 広島県三原市学園町1-1 (〒723-0053) TEL 0848-60-1225

²⁾ 甲南女子大学

³⁾ かがわ総合リハビリテーションセンター

受付日 2009年12月10日 受理日 2010年1月15日

I. はじめに

足趾は感覚器および効果器として働き、姿勢保持および動作時の安定性の確保に重要な役割を担うことが報告されている¹⁻³⁾。足趾の機能低下や足部障害はバランス能力や動作に影響を及ぼす為^{4,5)}、足趾のトレーニングやフットケアが転倒予防の観点から注目されている^{6,7)}。

近年、静止立位において足趾が接地しない、いわゆる「浮き趾」の状態が確認され関心を集めている。浮き趾の特徴は、自覚症状を伴わず幼児期から老年期にわたり幅広く発生することであり、これまでその発生原因、評価方法、治療方法などについて報告されている⁸⁻¹²⁾。しかし、足趾の接地状態が動作に与える影響について検討した報告はみられず、本研究では浮き趾が歩行中の足底圧および足底圧軌跡に与える影響について調査することを目的とした。

II. 対象と方法

対象は、健常女子大学生104名とし実験に先立ち浮き趾者の抽出を行った。浮き趾者の抽出の手順について以下に示す。まず、静止立位時におけるフットプリントの採取を行い足趾の接地状態を確認した(計測I)。フットプリント採取の際には足部にかかる荷重量を一定にするため、体重計を利用し一律に25 kg荷重した。次に静止立位にて厚さ0.12 mmの紙を1~5趾の中足指節関節の底面部まで刺し足趾の接地状態を確認した(計測II)。計測Iおよび計測IIの双方で全ての足趾の接地状態が確認できたものを「完全接地」、計測Iのみで足趾の接地が認められないものを「不完全接地」、計測Iおよび計測IIの双方で足趾の接地が確認できなかったものを「浮き趾」とした。

次に足趾の接地状態の評価結果から、「浮き趾」の状態にある20名を浮き趾群(平均±標準偏差:年齢21.6±2.7歳,身長159.3±3.8 cm,体重52.1±4.7 kg)、「完全接地」が確認された15名を完全接地群(年齢21.8±2.1歳,身長158.3±4.7 cm,体重51.6±7.0 kg)とし、この計35名に対し歩行中の足底圧の計測を行った。なお、本研究は県立広島大学倫理委員会の承認を受けており、対象者には事前に研究概要を説明し書面にて参加の意思を確認した。

足底圧の計測にはNitta社製F-scanを使用した。ストッキングを着用した状態でセンサーシートを被験者の足



図1 COP軌跡長および足指荷重量の抽出

底に貼り付け、10 m裸足歩行時の足底圧をサンプリング周波数30 Hzにて計測した。なお、本研究の被験側は全て左とした。

得られた足底圧データから、足底圧中心(Center of Foot Pressure: 以下, COFP)軌跡の前後長, 各足趾の荷重量, COFP軌跡型のパターン分類を行った。なお、歩行開始から6歩目以降のデータを対象として抽出した。以下に解析手順を示す。

COFP軌跡の前後長は、前後最大振幅の直線距離を計測し被験者の足長(Foot Length: FL)で除し足長比軌跡長(%FL)を求めた。各足趾の荷重量は1~5趾まで各々の足趾に対応するセンサーを選択し、歩行周期中の最大値を抽出した。なお、荷重量は被験者の体重(Body Weight: BW)で除し体重比荷重量(%BW)を求めた(図1)。

次にCOFP軌跡の分類については、金井ら¹³⁾の報告を基にCOFP移動軌跡およびCOFP消失軌跡の分類を行った。COFP移動軌跡では、一般に正常とされる「あおり型」、踵から足趾へ真っ直ぐな軌跡をたどる「直線型」、どちらにも当てはまらない「非あおり型」に分類した。また、COFP消失軌跡では、中足骨頭部を越え足趾に至るものを「足趾到達型」、中足骨部周辺で軌跡が消失し足趾に至らないものを「止まり型」とした。さらに、足底離地する迄に軌跡が後方へ戻るものを「もどり型」とした(図2)。

統計処理は、COFP軌跡長, 各足趾の荷重量について浮き趾群と完全接地群間での比較をMann-WhitneyのU検定を用いて行った。なお、危険率5%未満を有意とした。

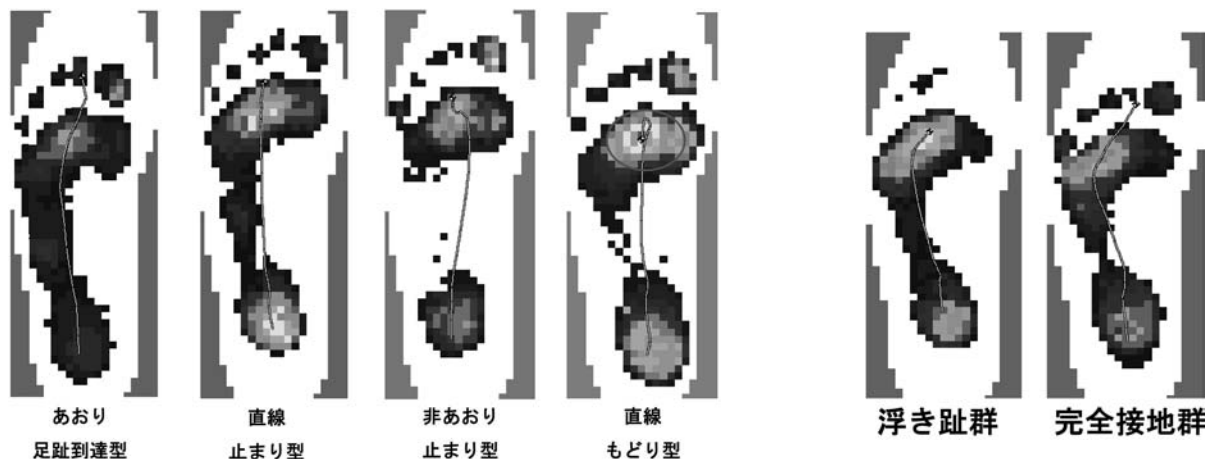


図2 足底圧軌跡の分類方法

図3 足底圧軌跡の代表例

III. 結果

完全接地群および浮き趾群の特徴的な足底圧およびCOFP軌跡を図3に示す。足長比軌跡長(%FL)は完全接地群と比較し、浮き趾群で有意に短いことが確認された。また、体重比荷重量(%FL)は1~5趾ともに浮き趾群で有意に小さいことが確認された(表1)。

次にCOFP移動軌跡について一般に正常なCOFP移動軌跡とされるあおり型は完全接地群で多い傾向にあり、浮き趾群では直線型が多く認められた。またCOFP消失軌跡について完全接地群では足趾到達型が多く認められ、浮き趾群では止まり型およびもどり型の割合が増加した(表2)。

IV. 考察

浮き趾群では足長比軌跡長(%FL)が有意に短く、歩行中の重心の前後移動がより少ないことが確認された。さらに浮き趾群では「止まり型」「もどり型」の軌跡を示す被験者が多く、重心の前方移動がより困難である可能性が示唆された。先行研究により足趾は「変移した重心を支持する機能」および「変移した重心を中心に押し戻す機能」を持ち¹⁴⁾、重心の前後方向の移動に関与するものと考えられる^{15,16)}。また歩行中における足趾は、踵離地から立脚終期に支持基底面を形成し歩行時の安定性に寄与するとともに¹⁷⁾、ウィンドラス機構により足部全体の剛性を高め、駆動力を効率良く床面に伝達する役割を担うことが報告されている¹⁸⁾。そのため、浮き趾群では安定した支持基底面が確保で

きず重心の前方移動が制限されるとともに、足部の剛性が低下し非効率的な歩行になる可能性が示唆された。

次に、足趾の荷重量に着目したHugheらの研究によると、歩行中の足趾は前足趾と同等に荷重を支持することが報告されている¹⁹⁾。しかし、浮き趾群では各足趾の荷重量が減少し、COFP軌跡が中足骨頭部付近で消失する傾向が認められた。そのため、蹴り出し時の荷重が中足骨頭部に集中しているものと考えられた。先行研究により外反母趾などの足趾のアライメント異常では足趾部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報告されており²⁰⁻²²⁾、足趾に荷重が出来ない浮き趾群においても同様の傾向が認められたものとする。荷重量と足部変形の因果関係は定かではないが、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との報告²³⁾及び、足趾変形を伴う糖尿病足では中足骨頭部に圧が集中し胼胝の誘因になることが報告されている^{24,25)}、浮き趾に対する介入を行い足趾部の荷重量を増大させることで障害発生や胼胝形成の予防につながる可能性が示唆された。また山本ら²⁶⁾は浮き趾に外反母趾などの変形を合併するケースを報告しており、今後、浮き趾者の足部アーチの状態や胼胝の有無、その他の足部障害の合併について詳細に調査していく必要がある。

最後にCOFP軌跡のパターン分類について、浮き趾群の多くが「止まり型」「もどり型」のCOFP消失軌跡を呈することが確認された。「止まり型」および「もどり型」は蹴り出し時における足趾荷重量の減少が影響しているものと考えられる。特に「もどり型」では支持基底面内で一旦前方に移動した荷重中心が後方に変移

表1 足長比軌跡長および各趾における体重比荷重量の結果

	完全接地群	浮き趾群	
足長比軌跡長	71.7 ± 4.2%	67.5 ± 4.6%	*
第1趾体重比荷重量	15.5 ± 5.5%	9.5 ± 5.2%	**
第2趾体重比荷重量	3.3 ± 1.6%	2.1 ± 1.3%	*
第3趾体重比荷重量	2.2 ± 0.9%	1.2 ± 0.9%	**
第4趾体重比荷重量	1.4 ± 0.7%	0.7 ± 0.5%	**
第5趾体重比荷重量	1.0 ± 0.9%	0.4 ± 0.4%	**

Mean ± SD, *p<0.05, **p<0.01

表2 COFP軌跡の分類

COFP 移動軌跡	あおり型	直線型	非あおり型
完全接地群	60.00%	7.40%	32.60%
浮き趾群	54.90%	20.20%	24.90%
COFP 消失軌跡	足趾到達型	止まり型	もどり型
完全接地群	77.00%	23.00%	0%
浮き趾群	40.30%	43.40%	16.20%

しており、これは蹴り出し時に中足骨頭部に荷重が集中した結果を反映するものと考えられる。浅井らは静止立位時における足趾の不接地が身体重心の後方変移を引き起こすことを報告しており¹⁶⁾、動作時においても足趾の接地状態が身体重心の移動に影響を及ぼしたものと考えられる。また、裸足および裸足に近い下駄着用中の歩行では「あおり型」「足趾到達型」など正常とされるCOFP軌跡が多くみられるのに対し、スニーカーなどの履物を着用した場合「止まり型」「もどり型」の割合が増加することが報告されている¹³⁾。これは、スニーカーやハイヒールのトゥスプリングやアウトソールの硬さなどの特性が影響し、足のロッカーファンクションやウィンドラスメカニズムなど、本来足部に備わる機能を使用せずに重心の前方移動を行った結果と考えられる²⁷⁻²⁹⁾。また、スリッパや緩い履物を履いた場合、靴が脱げないよう足趾が過伸展することが浮き趾の原因になるという報告と共に、足趾の使用を促すサンダルの着用により浮き趾が改善したとの報告も見られる³⁰⁾。そのため、足趾の不使用が足趾の接地状態に影響を及ぼすと共に、履物により修飾された足底圧を知覚しながら外部環境に適応し、誤った運動パターンが習慣化した結果、浮き趾につながる可能性が示唆された。しかし、本研究は足底圧のみに着目した研究を行っており、詳細な浮き趾の原因について言及することはできない。また、履物の他に、凹足が足趾の鉤爪変形を引

き起こすというKapandjiらによる報告³¹⁾、足部の術後において足趾伸筋群と屈筋群の不均衡が浮き趾を引き起こすことなどが報告されており³²⁾、今後、履物の種類、足部のアライメント、足趾筋力など様々な視点から浮き趾の原因を明らかにすると共に、運動療法や装具療法などの検討を進める必要がある。

謝辞 稿を終えるにあたり、本研究に参加して頂いた被験者および実験協力者に深謝いたします。なお、本研究は平成20年度科学研究費補助金(若手B)を用いて実施した。

引用文献

- 1) 長谷川正哉, 金井秀作, 島谷康司・他: 足趾機能が歩行に与える影響. 理療の臨研, 2006, 15: 53-56.
- 2) 加辺憲人: 足趾の機能. 理学療法科学, 2003, 18(1): 41-48.
- 3) 竹内弥彦: 足底各部の機械受容器感覚刺激が足圧中心移動範囲に及ぼす影響. 理学療法科学, 2002, 29(7): 250-254.
- 4) 平松知子, 泉キヨ子, 加藤真由美・他: 転倒予防に関する地域高齢者の足部の実態—足指の接地状態と足底, 姿勢, パラメータ, 筋力および転倒との関係—. 老年看護学, 2005, 9(2): 116-123.
- 5) 山下和彦, 野本洋平, 梅沢 淳・他: 高齢者の足部・足爪異常による転倒への影響. 電学論, 2004, 124(10): 1-7.
- 6) 木藤伸宏, 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. 理学療法科学, 2001, 28(7): 313-

- 319.
- 7) 平松知子：虚弱高齢者の転倒予防に有効なフットケア. *Nursing Today*, 2007, **22**(12): 105-111.
 - 8) 原田碩三：幼児の1980年と2000年の足について. *靴の医学*, 2001, **15**: 14-18.
 - 9) 鹿子木和寛, 飯森光葉, 末田加奈・他：女子看護大学生の足型の実態. *形態・機能*, 2006, **4**(2): 53-60.
 - 10) 井上文夫, 浅井千恵子, 熊木美紀江・他：小学生の浮き趾(不接地趾)と生活習慣に関する調査. *京都教育大学紀要*, 2009, **114**: 11-18.
 - 11) 恒屋昌一, 臼井永男：健康成人における足趾接地の実態. *理学療法学*, 2006, **33**(1): 30-37.
 - 12) 山下和彦, 野本洋平, 梅沢 淳・他：転倒予防のための高齢者の足部異常改善による身体機能の向上に関する研究. *東京医療保健大学紀要*, 2005, **1**: 1-7.
 - 13) 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.
 - 14) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介・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.
 - 15) 山口光圀, 入谷 誠, 大野範夫・他：片脚起立時の足趾屈筋群の役割について. *運動生理*, 1989, **4**(2): 65-69.
 - 16) 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. *P Tジャーナル*, 1989, **23**(2): 137-141.
 - 17) 宮崎昌利：歩行時における足指の動きとその役割. *日整会誌*, 1993, **67**: 606-616.
 - 18) Kappel BA, Richard DW, Mark WC, et al.: The windlass mechanism during normal walking and passive first metatarsalphalangeal joint extension. *Clin Biomech*, 1998, **13**(3): 190-194.
 - 19) Huges J: The importance of the toes in walking. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1990, **72-B**(2): 245-251.
 - 20) 川添健生, 山本博司：外反母趾の手術前後の足底圧による歩行解析の試み. *日足外会誌*, 2002, **23**(2): 37-40.
 - 21) 門野邦彦, 田中康仁, 坂本達哉・他：外反母趾患者における歩行時前足部足底圧分布の研究. *J Nara Med Ass*, 2003, **54**(5): 273-281.
 - 22) 野尻圭悟, 諸上大資, 木野木翔一・他：足関節の病態運動学と理学療法 II—足指関節の機能不全を中心とした病態運動学と理学療法について—. *理学療法*, 2007, **24**(12): 1587-1596.
 - 23) 倉 秀治, 石井清一：ハイヒール靴と足の障害. *MB Orthop*, 1994, **7**(12): 13-18.
 - 24) Bus S, Mass M, Lange A et al.: Elevated plantar pressures in neuropathic diabetic patients with claw/hammer toe deformity. *J Biomech*, 2005, **38**: 1918-1925.
 - 25) Mens HB, Zammit GV, Munteanu SE: Plantar pressures are higher under callused regions of the foot in older people. *Clin Exp Aermatol*, 2007, **32**: 375-380.
 - 26) 山本征孝, 長谷川正哉, 島谷康司・他：足指接地評価機器の試作と評価方法の検討について. 第41回中国四国人間工学会中国・四国支部大会講演論文集, 2008, 66-67.
 - 27) 長谷川正哉, 金井秀作, 清水ミシェルアイズマン・他：着靴が足趾関節運動およびウィンドラスメカニズムに及ぼす影響について. *形態・機能*, 2007, **5**(2): 75-80.
 - 28) 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. *靴の医学*, 2003, **17**(2): 92-95.
 - 29) 長谷川正哉, 大塚 彰, 金井秀作・他：足趾トレーニングシューズ試作のための基礎研究. *日本義肢装具学会誌*, 2007, **23**(1): 71-74.
 - 30) 矢作 毅, 根本光明, 福山勝彦：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**(2): 65-71.
 - 31) Kapandji IA (著), 荻島秀男 (監訳)：カパンディ関節の生理学II 下肢. 医歯薬出版, 東京, 1988, p238.
 - 32) McGlamry ED: Floating toe syndrome. *JAPMA*, 1982, **72**(11): 561-568.