踵なしスリッパの着用が歩行に及ぼす影響

Influence of wearing heel-free slippers on walking

吉田安香音¹⁾, 村田 伸¹⁾, 安彦 鉄平¹⁾, 小澤 実奈¹⁾
 小西 佑磨¹⁾, 阪本 昌志¹⁾, 高橋 萌¹⁾, 白岩加代子¹⁾
 窓場 勝之²⁾, 阿波 邦彦¹⁾, 堀江 淳¹⁾, 甲斐 義浩¹⁾

AKANE YOSHIDA¹⁾, SHIN MURATA¹⁾, TEPPEI ABIKO¹⁾, MINA KOZAWA¹⁾
 YUMA KONISHI¹⁾, MASASHI SAKAMOTO¹⁾, MOE TAKAHASHI¹⁾, KAYOKO SHIRAIWA¹⁾
 KATSUYUKI MADOKA²⁾, KUNIHIKO ANAMI¹⁾, JUN HORIE¹⁾, YOSHIHIRO KAI¹⁾

要旨：本研究の目的は、踵なしスリッパの着用が歩行に及ぼす影響を明らかにすることである。対象は、健康成人女性14名とした。方法は、通常のスリッパと踵なしスリッパを着用した歩行中の歩行パラメーターと筋活動を歩行分析装置及び表面筋電計を用いて計測した。その結果、踵なしスリッパ歩行が通常のスリッパ歩行に比べて、歩幅、ストライド長、両脚支持時間が有意に短縮した。ただし、立脚時間、遊脚時間、歩行速度、ケイデンスに有意な変化は認められなかった。筋活動では、立脚期の大腿直筋と腓腹筋の筋活動が有意に増大したが、立脚期の大腿二頭筋、前脛骨筋、および遊脚期のすべての筋活動に有意差は認められなかった。以上のことから、踵なしスリッパの着用は、歩幅を狭めるが素早く1歩を出すことで通常のスリッパと同じ歩行速度を保ち、大腿直筋および腓腹筋の筋活動を効果的に高める可能性が示された。

キーワード：踵なしスリッパ、歩行パラメーター、筋活動

Abstract: This study aimed to clarify the influence of wearing heel-free slippers on walking. A total of 14 healthy women participated as subjects in this study. Using a walking analysis device and surface electromyography, the walking parameters and muscle activities were compared between wearing normal and heel-free slippers. As a result, the step length, stride length, and double stance time were significantly shorter for heel-free than normal slippers. However, no significant difference was noted in the stance time, swing time, walking speed, or cadence. Concerning muscle activity, when using heel-free slippers, the activity of rectus femoris and gastrocnemius muscles significantly increased during the stance phase; however, no significant difference was noted in the activity of the biceps femoris or tibialis anterior muscle, nor in any muscle activity during the swing phase. Our findings suggest that wearing heel-free slippers is associated with a shorter step length, but facilitates the same walking speed as normal slippers by stepping quickly, due to which the activity of rectus femoris and gastrocnemius muscles may increase effectively.

Key words: heel-free slippers, walking parameters, muscle activities

受付日：2015年7月8日，採択日：2015年8月10日

¹⁾ 京都橘大学健康科学部理学療法学科

京都府京都市山科区大宅山田34（〒607-8175）TEL075-571-1111 E-mail：murata-s@tachibana-u.ac.jp.
Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University

²⁾ 社会福祉法人京都博愛会病院リハビリテーション科

Department of Rehabilitation, Kyoto Hakuaiikai Hospital

I. はじめに

我が国の要介護者数は、平成25年3月末時点で561万人であり、高齢化の進展に伴って、この数は増加している¹⁾。厚生労働省による要支援または要介護状態となった原因を調査した報告では、脳血管障害、心疾患、がんや糖尿病といった生活習慣病を原因とするものが30%を超えている²⁾。生活習慣病は下肢筋量と関係があるとされ、下肢筋量比が低いとインスリン抵抗性、心血管疾患の危険因子が増加すると報告されている³⁾。また下肢筋のポンプ作用は、静脈還流を増加させ、血流のうっ滞を改善するだけではなく、様々な血管作動性物質を産生・活性化させ、抗凝固作用や線維素溶解作用を発揮することが明らかにされている⁴⁾。このように、下肢筋量と下肢筋ポンプ作用の重要性から、糖尿病や高血圧等の生活習慣病の予防の1つとして、下肢筋力の維持・増強およびトレーニングが重要と考える。

近年では、下肢筋の機能維持・向上を目指すために、ストレッチ器具や下肢筋力増強器具のような多様性のある健康器具を日常生活で使用することも多い。下肢の筋力維持および強化を実行するための履物の一つに、踵のない靴（踵なし靴）が挙げられ、若年者または高齢者の間で多く利用されている。

踵なし靴は、下肢筋力や体幹筋力の増大に効果があり、約2ヶ月間着用すると、腹筋、背筋、殿筋、大腿四頭筋などの筋幅の増大に効果があることが報告されている⁵⁾。また、踵なし靴を着用した歩行では、足関節周囲筋よりも大腿周囲筋の筋活動の増加が認められ、長期着用によって筋量の増加が期待できる⁶⁾。さらに、体幹・下肢筋量の増大だけでなく、腹部皮下脂肪や内臓脂肪が減少することも報告されている⁷⁾。

踵なし靴が屋外で利用されるのに対して、室内では踵のないスリッパ（踵なしスリッパ）が利用されている。踵なしスリッパの使用前後を比較した研究では、11週間の使用で腹部及び内臓の全周の横断面積の減少、及び肥満の改善・脊柱起立筋群等の筋力増強に有用であることが示されている⁸⁾。このように先行研究では、踵なしスリッパの使用前と使用後の筋量の相違を報告しているが、歩行中の下肢筋活動や歩行パラメーターを同時に比較検討した報告は見当たらない。

そこで本研究は、健常成人を対象に、踵なしスリッパ歩行と通常のスリッパ歩行（スリッパ歩行）の2種類の条件で、歩行パラメーターと下肢筋活動量を比較し、踵なしスリッパ着用での歩行が歩行能力にもたら

す効果を検討した。

II. 対象と方法

1. 対象者

対象は、K大学理学療法学科に所属する健常女性14名で、対象者の平均年齢は 20.1 ± 1.1 歳、平均体重は 49.5 ± 3.7 kg、平均身長は 158.0 ± 5.5 cmであった。各対象者には研究の趣旨と内容について説明を行い、理解を得た上で協力を求めた。また、研究への参加は自由意志であることを口頭で説明し、参加同意を得た上で研究を実施した。

2. 方法

踵なしスリッパ歩行とスリッパ歩行の2条件における1歩行周期の歩行パラメーターと下肢の筋活動量を測定した。測定する4筋に表面筋電を貼付し、各筋の最大随意等尺性収縮（maximum voluntary contraction：MVC）時の筋活動量を測定した後に、歩行パラメーターの計測を行った。それぞれの異なる歩行様式においては、普段通り歩くように口頭にて指示した。

図1 通常のスリッパ（左）と踵なしスリッパ（右）

図2 踵なしスリッパ

なお、使用した踵なしスリッパと踵のある通常のスリッパは、ホームセンターなどで市販されている一般的な物を使用した（図1，2）。踵なしスリッパのサイズは、幅8.5cm、長さ18.5cm、踵部の厚さ3.5cmで、踵部が十分に出る大きさのものとした。

1) 歩行パラメーターの測定

歩行パラメーターの測定には、OPTOGAIT 光学式歩行分析装置（MICROGAIT 社）を使用した。OPTOGAIT は、床面から3mmの高さで10mmごとに高感度光学センサーが配置されており、左右に並べた2本1対のセンサー間を歩行する。また、歩行路は8mとし、加速路と減速路として歩行路の前後2m地点をそれぞれ設け、測定区間は加速路と減速路を除外した4mとした（図3）。本装置は、歩行解析に必須な評価項目である立脚時間（sec）、遊脚時間（sec）、両脚支持時間（sec）の時間因子や、歩幅（cm）、ストライド長（cm）などの距離因子、歩行速度（m/sec）、ケイデンス（steps/min）を収集するシステムであり、これらの歩行パラメーターを分析対象とした。

2) 筋活動量の測定

下肢筋活動量の測定には、表面筋電計テレマイオG2（Noraxon 社製、米国）を使用し、サンプリング周波数は1,000Hzに設定した。測定筋は、表在筋の中で歩行動作に関与すると考えられる、足関節および膝関節・股関節の単関節筋、二関節筋である右足の大腿直筋、大腿二頭筋長頭、前脛骨筋、腓腹筋内側頭の計4筋とし、Perottoの記述⁹⁾に準じて表面電極を貼付した。なお、不感電極は腸脛靭帯に貼付し、電極間距離は2cmとした。

測定は、まず各筋のMVC時の筋活動を測定し、次いで歩行時の筋活動を測定した。大腿直筋、大腿二頭筋長頭、前脛骨筋の測定肢位については、加藤ら¹⁰⁾の方法に準じ、対象者を端座位、膝関節90度屈曲位とし

た。抵抗の位置は、大腿直筋は下腿遠位部前面、大腿二頭筋は下腿近位部後面、前脛骨筋は足背部とし、徒手抵抗によってMVCを測定した。また腓腹筋の筋力は、対象者の右片脚爪先立ちでの最大底屈位で測定した。

筋電信号の導出には、解析ソフト（Noraxon 社製、MyoResearch XP）を用い、20-500Hzの帯域通過フィルターを適応して、あらかじめ筋電信号からノイズを除去した。導出された筋電信号は、全波整流処理を行った後、フットスイッチおよび床反力のデータをもとに右下肢の立脚期と遊脚期の各相に分け、一歩行周期を100%とした時間正規化を行い、積分筋電（Integrated Electromyogram：IEMG）を求めた。次に、得られた立脚相および遊脚相のIEMGを、各筋のMVC時のIEMGで正規化し、%IEMGとした。なお、MVC時の積分筋電はMVC時の3秒間において、前後1秒の2秒間を除いた中間1秒間とした。

3. 統計処理

踵なしスリッパ歩行とスリッパ歩行の各歩行パラメーター（立脚時間、遊脚時間、両脚支持時間、歩幅、ストライド長、歩行速度、ケイデンス）および筋活動（大腿直筋、大腿二頭筋長頭、前脛骨筋、腓腹筋内側頭）の比較には、対応のあるt検定で解析した。なお、解析にはSAS社製Stat View（Ver 5.0）を用い、有意水準を5%とした。

III. 結 果

実施した踵なしスリッパ歩行とスリッパ歩行での歩行パラメーターと下肢筋活動の結果を表1と表2に示す。踵なしスリッパ歩行の両脚支持時間（平均±標準偏差：0.2±0.0sec）、歩幅（61.4±5.1cm）、ストライド長（125.6±9.5cm）は、スリッパ歩行（各々0.3±0.1sec、66.1±4.0cm、132.8±7.9cm）よりも有意に短縮した（ $p<0.01$ ）。また、踵なしスリッパ歩行の立脚期の大腿直筋（17.0±0.1%）、腓腹筋（89.0±0.4%）は、スリッパ歩行（各々10.7±0.1%、52.4±0.2%）よりも有意に増大した（ $p<0.05$ 及び $p<0.01$ ）。なお、立脚時間、遊脚時間、歩行速度、ケイデンスおよび遊脚期の筋活動には有意差が認められなかった。

IV. 考 察

本研究は、踵なしスリッパ歩行とスリッパ歩行の歩行パラメーターと下肢筋活動を比較することで、踵な

図3 歩行パラメーターの測定（OPTOGAIT）

表1 スリッパ歩行と踵なしスリッパ歩行の歩行パラメーターの比較

	スリッパ歩行	踵なしスリッパ歩行	有意確率
立脚時間 (sec)	0.7±0.1	0.6±0.1	ns
遊脚時間 (sec)	0.4±0.0	0.4±0.1	ns
両脚支持時間 (sec)	0.3±0.1	0.2±0.0	p<0.01
歩幅 (cm)	66.1±4.0	61.4±5.1	p<0.01
ストライド長 (cm)	132.8±7.9	125.6±9.5	p<0.01
歩行速度 (m/sec)	1.3±0.2	1.2±0.2	ns
ケイデンス (steps/min)	58.8±4.4	59.0±7.3	ns

平均±標準偏差

ns: not significant

表2 スリッパ歩行と踵なしスリッパ歩行の下肢筋活動 (%IEMG) の比較

		スリッパ歩行	踵なしスリッパ歩行	有意確率
立脚期	大腿直筋	10.7±0.1	17.0±0.1	p<0.05
	大腿二頭筋	30.4±0.2	35.4±0.3	ns
	前脛骨筋	20.4±0.1	20.2±0.1	ns
	腓腹筋	52.4±0.2	89.0±0.4	p<0.01
遊脚期	大腿直筋	7.5±0.0	8.6±0.0	ns
	大腿二頭筋	18.4±0.1	20.7±0.2	ns
	前脛骨筋	23.9±0.1	23.5±0.1	ns
	腓腹筋	21.0±0.2	27.7±0.2	ns

平均±標準偏差 (%)

ns: not significant

しスリッパ着用が筋活動や歩行能力に与える効果について検討した。その結果、踵なしスリッパ歩行の両脚支持時間、歩幅、ストライド長は、スリッパ歩行よりも有意に短縮していた。筋活動においては、踵なしスリッパ歩行での立脚期の大腿直筋、および腓腹筋が有意に増大していた。これらのことから、踵なしスリッパ歩行の特徴として歩幅が狭いことが挙げられ、スリッパ歩行と同じ歩行速度を保ち、立脚期において大腿直筋および腓腹筋の筋活動を増大させる履物であることが示唆された。

踵なしスリッパは、図1に示したようにスリッパの踵部をカットしているため、歩行において前足部接地になりやすいのが特徴であり、踵接地が出来ずヒールロッカー機能¹¹⁾が作用しない履物である。ヒールロッカー機能は、踵骨隆起の表面での床接地によって、下肢の推進力として作用する。また、立脚側の荷重の受け継ぎは、踵からの初期接地によって行われる。すなわち、この機能が欠如した踵なしスリッパ歩行では、推進力の産生が不十分となるため下腿の前進が容易に行えずに、スリッパ歩行と比べて歩幅やストライド長が短縮したものと考えられる。

また、踵なしスリッパは、歩行時における足底の接地面積が狭いことが特徴である。静止立位における足部での体重支持は、踵骨と第1および第5中足骨頭が主要な荷重点となる¹²⁾。体重は、左右の下肢にほぼ均等に荷重が加わるため、脛骨から距骨への荷重は体重の50%である。距骨はこれを踵骨に25%、母趾球と小趾球とを併せて25%の比率で分配している¹³⁾。そのため、踵部が欠如した踵なしスリッパ歩行は、より多くの荷重が前足部に加わるため、重心が前足部に偏位し、相対的に前後方向の重心移動距離が短くなる。このことから、身体重心を支持基底面内に保持し、同時に目的とする運動方向へ変化させる結果として¹⁴⁾、両脚支持時間を短縮させて素早く一步を踏み出したと推察した。両脚支持時間の短縮は、歩行速度を速める要因となるが、本研究では歩行速度に有意差を認めなかった。それは、踵なしスリッパ歩行の歩幅とストライド長が短縮したために、両脚支持時間の短縮の影響が相殺されたものと考えられる。以上のことから、健常成人において踵なしスリッパ歩行は、歩幅を狭めるが素早く1歩を出すことで、スリッパ歩行と同じ歩行速度を保てる履物であることが示唆された。

歩行中の筋活動について、スリッパ歩行よりも踵なしスリッパ歩行の方が、立脚期における大腿直筋と腓腹筋の筋活動量が有意に上昇した。前述したように、踵なしスリッパ歩行は踵部の欠如によって前足部接地となりやすい。足底圧の中心位置が前足部へ移動することにより、前足部での床反力は増大し、足関節には背屈方向へのモーメントが発生する¹⁵⁾。そのため歩行時では、足関節背屈モーメントに拮抗した筋活動が認められるため、強力な底屈筋である腓腹筋の筋活動が高まり、一方で背屈筋である前脛骨筋には有意な変化は認められなかったと推察した。なお、踵なしスリッパ歩行は踵部の欠如により、爪先立ちとなった立脚期に筋活動の増大を認めやすく、遊脚期には影響しにくいことが示唆された。

また、踵なしスリッパ歩行では立脚期の前足部荷重移行により、足部背屈の外的モーメントが発生しているため、足関節背屈に伴って下腿が前傾し膝関節は屈曲位となりやすい。そのため、二関節筋である大腿直筋の遠心性収縮がスリッパ歩行よりも増大したと推察された。

これらの知見から、健常成人において踵なしスリッパ歩行は、スリッパ歩行と同じ歩行速度を保ちながら、かつ大腿直筋および腓腹筋の筋活動を効果的に増大させるなど、健康用具として一定の効果がある可能性が示された。ただし本研究は、若年者を対象に行った研究であり、転倒の危険性がある高齢者には不安定な履物と予測される。そのため、踵なしスリッパ歩行が本研究と同様の効果を得るとは限らないことから、健常高齢者を対象にした検討をする必要がある。

引用文献

- 1) 厚生労働省：平成24年度 介護保険事業状況報告（年報）のポイント。
http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/12/dl/h24_point.pdf（2015年3月1日現在）
- 2) 厚生労働省：平成22年（2010）度介護の状況。
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>（2015年3月1日現在）
- 3) 田尻祐司，山田研太郎：2型糖尿病患者における体組成の特徴とインスリン抵抗性および心血管危険因子との関連。日本体質医学会雑誌，2011，73(1)：1-5。
- 4) 冷水陽子，阿久根和恵，浜田和美・他：下肢深部静脈血栓症予防に対する間歇的下肢加圧装置の有用性。日本手術医学会誌，2001，22(1)：28-31。
- 5) 松浦義和：踵なし靴(解説／特集)。整形・災害外科，2003，46(12)：1431-1440。
- 6) 塚本いね子，西尾瞳，青木主税：踵なし靴が歩行に与える影響踵なし靴着用時と運動靴着用時での比較。北里理学療法学，2002，(5)：85-88。
- 7) 松浦義和：高齢者用踵なし靴について。靴の医学，2001，14(2)：35-40。
- 8) 松浦義和：踵なしスリッパが肥満および脊柱起立筋に及ぼす影響について。靴の医学，1998，11：75-79。
- 9) Perotto AO (著)，相森 良 (訳)：筋電図のための解剖ガイド 第三版。西村書店，新潟，2003，132-191。
- 10) 加藤宗規，山崎裕司，柊幸伸・他：ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性膝伸展地域在住高齢者の各種歩行パラメータに関連する要因分析筋力の測定固定用ベルトの使用が検者間再現性に与える影響。総合リハビリテーション，2001，29(11)：104-1050。
- 11) Perry J：ペリー歩行分析 正常歩行と異常歩行。医歯薬出版，東京，2007，59。
- 12) Gardner E, Gray D, O'Rahilly R: A Regional Study of Human Structure. In: W. B. Saunders (Ed), Anatomy. Philadelphia 1971, 263.
- 13) 中村隆一，齋藤宏，長崎浩：基礎運動学 第6版。医歯薬出版，東京，2003，318-320。
- 14) 桐山希一：足底圧の動的変化を指標とした健常成人の歩行制御および片麻痺歩行に関する研究。医療保健学研究，2012，(3)：1-40。
- 15) 山口剛司，高崎恭輔，大工谷新一：足底圧中心変化に伴う足部周囲筋の筋積分値相対値変化。関西理学，2005，5：103-108。